



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL CAMPUS
DO SERTÃO
ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

ALEXANDRE HENRIQUE SILVA LISBOA

**AVALIAR A RELAÇÃO ENTRE OS FATORES DE RISCO OCUPACIONAIS,
DISTÚRBIOS MUSCULOESQUELÉTICOS E QUALIDADE DE VIDA NO
TRABALHO: UMA ANÁLISE USANDO PLS-SEM**

Delmiro Gouveia/AL 2025



ALEXANDRE HENRIQUE SILVA LISBOA

**AVALIAR A RELAÇÃO ENTRE OS FATORES DE RISCO OCUPACIONAIS,
DISTÚRBIOS MUSCULOESQUELÉTICOS E QUALIDADE DE VIDA NO
TRABALHO: UMA ANÁLISE USANDO PLS-SEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Jonhatan Magno Norte da Silva.

Delmiro Gouveia/AL 2025



Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Livia Silva dos Santos - CRB 1670

L769a Lisboa, Alexandre Henrique Silva.

Avaliar a relação entre os fatores de risco ocupacionais, distúrbios musculoesqueléticos e qualidade de vida no trabalho : uma análise usando PLS-SEM / Alexandre Henrique Silva Lisboa. –2025.

32 f.:il.

Orientador: Jonhatan Magno Norte da Silva.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Alagoas. Campus do Sertão. Delmiro Gouveia, 2025.

Bibliografia: f. 29-31

1. Qualidade de Vida - Trabalho. 2. Distúrbios osteomusculares - Trabalho. 3. Estresse. 4. Risco psicossocial. I. Título.

CDU: 658.3

Folha de aprovação

ALEXANDRE HENRIQUE SILVA LISBOA

AVALIAR A RELAÇÃO ENTRE OS FATORES DE RISCO OCUPACIONAIS, DISTÚRBIOS MUSCULOESQUELÉTICOS E QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO: UMA ANÁLISE USANDO PLS-SEM

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão e aprovado em 14/05/2025 com nota 10.



Documento assinado digitalmente

JONHATAN MAGNO NORTE DA SILVA

Data: 23/05/2025 10:05:53-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jonhatan Magno Norte da Silva, UFAL – Campus do Sertão
(Orientador)

Banca examinadora:



Documento assinado digitalmente

JONHATAN MAGNO NORTE DA SILVA

Data: 23/05/2025 10:07:30-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jonhatan Magno Norte da Silva, UFAL – Campus do Sertão
(Orientador)



Documento assinado digitalmente

MANOEL GERONIMO LINO TORRES

Data: 23/05/2025 14:25:26-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. MSc. Manoel Gerônimo Lino Torres, UFAL – Campus do Sertão
(Avaliador)



Documento assinado digitalmente

ALLINE THAMYRES CLAUDINO DA SILVA

Data: 23/05/2025 10:25:16-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. MSc. Alline Thamyres Claudino da Silva, UFAL – Campus do Sertão
(Avaliadora)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter sido minha fonte de força, sabedoria e inspiração ao longo de toda esta caminhada.

Aos meus pais, Josilda e Manoel, minha eterna gratidão por todo amor, apoio e exemplo de vida. Sem o esforço e incentivo de vocês, nada disso seria possível. Estendo esse agradecimento a toda a minha família, que sempre esteve presente com palavras de encorajamento e gestos de carinho.

À minha namorada Gabriela, agradeço por todo o companheirismo, paciência e apoio incondicional nos momentos mais intensos dessa jornada.

Sou imensamente grato à Vetor Jr., onde pude vivenciar experiências únicas de crescimento pessoal e profissional. Cada desafio e conquista nesse ambiente contribuíram de forma significativa para minha formação como engenheiro.

Ao Group of Ergonomics and New Tools (GENT), deixo registrada minha mais profunda gratidão por permitir que eu me envolvesse em pesquisas relevantes e por me proporcionar aprendizados valiosos.

Agradeço especialmente ao professor Jonhatan Magno, por sua orientação dedicada, incentivo constante e por acreditar no potencial deste trabalho. Ao professor Manoel Gerônimo, por sua contribuição significativa ao meu aprendizado e por inspirar através de seu exemplo.

Estendo meus sinceros agradecimentos a todos os professores que fizeram parte da minha formação na graduação. Cada um, com sua maneira única de ensinar, deixou uma marca importante em minha trajetória acadêmica e pessoal.

Por fim, aos amigos que caminharam comigo durante a graduação, meu muito obrigado pela parceria, apoio mútuo e por todos os momentos que tornaram essa caminhada mais leve e especial.

RESUMO

Este artigo teve como objetivo testar as hipóteses de um modelo complexo considerando a relação em cadeia entre fatores de risco ocupacionais, sintomas de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) e Qualidade de Vida no Trabalho (QVT) percebida pelos trabalhadores. Avaliamos os fatores de risco psicossocial utilizando itens do Questionário de Conteúdo do Trabalho, do Questionário de Desequilíbrio Esforço-Recompensa e do Questionário Psicossocial de Copenhague II. Os fatores biomecânicos analisados incluíram posturas inadequadas de tronco e membros superiores, levantamento excessivo de peso e permanência prolongada em pé. Os fatores organizacionais avaliados foram trabalho monótono, prazos apertados e baixo estímulo ao trabalho em equipe. Utilizando os Questionários Nórdico e Walton, avaliamos as percepções dos trabalhadores sobre os sintomas de DORT e a QVT. Construímos o modelo utilizando a abordagem de Modelagem de Equações Estruturais por Mínimos Quadrados Parciais (PLS-SEM). O modelo de mensuração avaliou a confiabilidade (confiabilidade composta) e os testes de validade (variância média extraída, método da razão de correlações Heterotraço-Monotraço e critério de Fornell-Larcker). O modelo estrutural analisou os caminhos diretos e indiretos entre os fatores e testou as hipóteses (método *bootstrapping*). Os resultados indicam que a maioria dos fatores biomecânicos afeta as DORT mediadas pelas demandas físicas do trabalho. As demandas físicas do trabalho têm um impacto direto nas DORT e no estresse. Boas condições psicossociais aliviam o estresse, reduzem os sintomas de DORT e aumentam a QVT. Fatores organizacionais prejudiciais atuaram indiretamente nas DORT, amplificando a percepção de estresse. Por fim, as DORT pioram a QVT. Concluimos que o modelo é válido com psicometria satisfatória para mensurar e relacionar fatores de risco, DORT e QVT, fornecendo insights que podem orientar profissionais e pesquisadores no planejamento e implementação de ações para prevenir riscos e sintomas de DORT e melhorar a QVT.

Palavras-chave: Modelo de equação estruturais; Condições de trabalho; Estresse; Sintomas de dor; Fatores de riscos.

ABSTRACT

This study aimed to test the hypotheses of a comprehensive structural model examining the chain relationship among occupational risk factors, symptoms of work-related musculoskeletal disorders (WMSDs), and perceived Quality of Work Life (QWL). Psychosocial risk factors were assessed using items from the Job Content Questionnaire (JCQ), the Effort–Reward Imbalance (ERI) Questionnaire, and the Copenhagen Psychosocial Questionnaire II (COPSOQ II). Biomechanical factors included awkward trunk and upper limb postures, excessive manual load handling, and prolonged standing. Organizational factors evaluated encompassed monotonous tasks, tight deadlines, and limited encouragement for teamwork. Worker perceptions of WMSD symptoms and QWL were measured using the Nordic Musculoskeletal Questionnaire and Walton's Quality of Work Life model. The model was constructed using Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM). The measurement model evaluated reliability (composite reliability) and validity (average variance extracted—AVE, Heterotrait–Monotrait ratio—HTMT, and Fornell–Larcker criterion). The structural model tested the direct and indirect relationships between variables and the proposed hypotheses through bootstrapping. The results revealed that most biomechanical factors influence WMSD symptoms through the mediating effect of physical work demands. Physical demands exerted a direct effect on both WMSDs and stress. Favorable psychosocial conditions significantly reduced stress levels, mitigated WMSD symptoms, and improved QWL. Conversely, adverse organizational factors indirectly contributed to WMSD symptoms by increasing perceived stress. Lastly, WMSDs had a detrimental impact on perceived QWL. We conclude that the proposed model demonstrates satisfactory psychometric properties and provides a valid framework for analyzing the interplay between occupational risks, WMSDs, and QWL. These findings offer practical insights for professionals and researchers aiming to develop and implement evidence-based strategies to prevent work-related risks and disorders, and to promote healthier and more productive work environments.

Keywords: Comprehensive model; Working conditions; Stress; Pain symptoms; Risk factors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo teórico e hipóteses	3
Figura 2 – Frequência de sintomas de DORT autorrelatados.....	8
Figura 3 – Resultado da análise de caminho PLS-SEM	12

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização das respostas	7
Tabela 2 – Resultados do modo de medição	9
Tabela 3 – Resultado da validação discriminante usando a correlação da razão HTMT	10
Tabela 4 – Resultado de teste de validação cruzada.....	11
Tabela 5 – Resultado da validade discriminante usando o critério de Fornell-Lacker	12
Tabela 6 – Avaliação do modelo estrutural	12
Tabela 7 – Resultado da análise de caminho e das hipóteses testadas	13
1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVOS DA PESQUISA	13
1.1.1. Objetivo Geral.....	16
1.1.2. Objetivos Específicos	16
2. CARTA DE ORIGINALIDADE.....	17
3. APRESENTAÇÃO DO ARTIGO NA INTEGRA	19
4. CONCLUSÃO	38

1. INTRODUÇÃO

O mundo do trabalho vem passando por constantes transformações devido à crescente digitalização das operações de manufatura (Indústria 4.0 ou I4.0) e à incorporação de tecnologias com foco na preservação do meio ambiente e dos valores humanos (Indústria 5.0 ou I5.0) (Xu et al., 2021; Bispo e Amaral, 2024). Via de regra, essas novas tecnologias são projetadas por grandes empresas (Mittal et al., 2018) e exigem um investimento substancial, tanto financeiro (Masood e Sonntag, 2020) quanto na qualificação de recursos humanos (Horvath e Szabo, 2019). Assim, restrições financeiras e humanas impedem a implementação plena de tecnologias em pequenas empresas em países em desenvolvimento (Beier et al., 2022), tornando os avanços da I4.0 e I5.0 pequenos (CNI, 2016).

De fato, nos países em desenvolvimento, os sistemas de manufatura e logística ainda se baseiam no uso intensivo de mão de obra e tarefas manuais, resultando em tédio e fadiga entre os trabalhadores (Battini et al., 2022). No Brasil, especialmente em regiões pobres, como o interior do Nordeste, o uso intensivo de atividades manuais é alto (Bispo et al., 2022; Nascimento et al., 2024), e as condições organizacionais e psicossociais são desfavoráveis (Leite et al., 2021). As premissas ergonômicas em I5.0 não são atendidas, fazendo com que o bem-estar dos trabalhadores fique em segundo plano (Battini et al., 2022). Mesmo que as tecnologias idealizadas em países de alta renda geram progresso quando implementados nas empresas, o contexto dos países em desenvolvimento precisa levar à construção de métodos e ferramentas específicas para problemas regionais de saúde e segurança ocupacional (Karanikas et al., 2024). Os planos de ação devem considerar as especificidades das diferentes populações de trabalhadores, especialmente na redução de riscos ocupacionais (da Silva et al., 2014).

Dentre os problemas de natureza ergonômica estão os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) (de Souza et al., 2021), que causam lesões em 1,71 bilhão de pessoas no mundo (Organização Mundial da Saúde, 2022). Tais distúrbios são considerados o principal problema de saúde ocupacional em países em desenvolvimento (Rathore et al., 2020). Mesmo com alta subnotificação, o número de casos de DORT no Brasil aumentou 184% entre 2009 e 2019 (Brasil. Ministério da Saúde, 2019; Bispo et al., 2022). Portanto, o número de casos de doenças osteomusculares em trabalhadores brasileiros denota um problema de proporções epidemiológicas (Viegas e de Almeida, 2016).

A origem dos DORT é multifatorial, pois envolve fatores de risco biomecânicos, sociodemográficos, organizacionais e psicossociais (Leite et al., 2021). Exemplos de fatores sociodemográficos que influenciam os DORT incluem sexo, idade, nível de escolaridade e tabagismo (Hong et al., 2022). Entre os fatores biomecânicos, pesquisadores destacam a má postura do tronco (Rasoulivalajoozi et al., 2023), ativação excessiva de grupos musculares (Benoit-Piau et al., 2024), permanência prolongada em pé, adoção de posições desconfortáveis para membros superiores e inferiores e levantamento excessivo de cargas com as mãos (de Souza et al., 2021; Bispo et al., 2022). Fatores psicossociais incluem baixo apoio de colegas e supervisores, comprometimento excessivo e baixo controle no trabalho (Nascimento et al., 2024).

Exemplos de fatores organizacionais são a velocidade automática de uma máquina ou o movimento de um produto, um ritmo de trabalho dependente da demanda dos clientes (Bodin et al., 2020; Roquelaure et al., 2019), trabalhar com prazos apertados e trabalho chato (Widanarko et al., 2014). De Souza et al. (2021) sugerem que a influência dos fatores de risco é complexa e pode ser direta ou indireta.

Estudos indicam que fatores biomecânicos como levantamento de cargas, posições desconfortáveis e movimentos repetitivos podem lesionar diretamente músculos, tendões e articulações (Bispo et al., 2022). Fatores organizacionais e psicossociais atuam no desenvolvimento de sintomas musculoesqueléticos indiretamente, causando aumento ou redução da tensão muscular devido à ação de hormônios e metabólitos relacionados ao estresse (Lundberg et al., 1989; Bathman et al., 2013; Bodin et al., 2020).

Entre as consequências dos DORT está a redução da Qualidade de Vida no Trabalho (QVT) (de Almeida et al., 2019; Lang et al., 2012; Macaluso et al., 2021). Existem diversas interpretações para o conceito de Qualidade de Vida no Trabalho (QVT). No entanto, fatores de risco clássicos ainda estão fortemente relacionados, como boas condições ergonômicas no local de trabalho, satisfação no trabalho e redução da influência de estressores psicossociais (Amarante et al., 2023). A associação entre DORT e QVT pode ser analisada em cenários em que os trabalhadores vivenciam incapacidade prolongada (Coutu et al., 2005), mas também entre trabalhadores saudáveis (Cordioli Junior et al., 2020).

Este artigo considera que os fatores de risco ocupacionais, sintomas de DORT e QVT estão ligados em uma relação de cadeia. Por outro lado, os pesquisadores ainda não descobriram nenhum artigo que tenha como objetivo apresentar simultaneamente um modelo holístico e intrincado incorporando todos esses fatores. Assim, alguns estudos buscaram relacionar os fatores de risco aos sintomas de DORT (Leite et al., 2021; Bispo et

al., 2022), assumindo que tais sintomas poderiam comprometer a QVT, mas sem identificar o real tamanho do efeito dessa relação. Outros estudos buscaram relacionar os sintomas de DORT relatados pelos trabalhadores às dimensões da QVT (Cordioli Junior et al., 2020) sem considerar quais fatores de risco contribuíram para o desenvolvimento e piora dos sintomas.

Diante do exposto, este artigo teve como objetivo testar as hipóteses de um modelo complexo considerando a relação em cadeia dos fatores de risco ocupacionais, sintomas de DORT e QVT percebida pelos trabalhadores. Para tanto, propõe um modelo holístico que engloba a influência direta e indireta de múltiplos fatores ocupacionais. Da mesma forma, apresenta e valida a estrutura reflexiva relacionada a traços latentes complexos como QVT e desconforto musculoesquelético percebido pelos trabalhadores.

Dessa forma, este artigo contribui para a literatura existente ao analisar a relação entre fatores de risco, DORT e QVT em um único modelo por meio da Modelagem de Equações Estruturais (MEE). Esse recurso permite que esses fatores ocupacionais sejam mensurados e relacionados, tanto direta quanto indiretamente, dentro de um único modelo (Neves, 2018). Usando o MEE, múltiplos procedimentos estatísticos, como regressão múltipla, correlação e análise fatorial, são englobados em um único modelo, garantindo a robustez dos resultados e fornecendo uma análise holística da relação entre os fatores envolvidos no modelo (Brei e Liberati Neto, 2006). Essa propriedade tem se mostrado útil em ergonomia devido à relação em cadeia em vários fenômenos encontrados em ambientes de trabalho. Consequentemente, alguns estudos, por exemplo, começaram a usar o MEE para relacionar fatores de risco à ocorrência de DORT (Eatough et al., 2012; Bodin et al., 2020; de Souza et al., 2021; Nascimento et al., 2024).

Entretanto, este é o primeiro estudo a expandir esta análise propondo um modelo que também abrange uma consequência negativa dos DORT: a redução da QVT. Devido às relações hierárquicas de fatores que são difíceis de mensurar, exigindo uma abordagem de desagregação abrangente, como Al-Mekhlafi et al. (2023) recomendaram, este estudo utilizou a Modelagem de Equações Estruturais de Mínimos Quadrados Parciais (PLS-SEM). Estudos em ergonomia industrial têm explorado pouco esse método. Portanto, este estudo visa trazer elementos ainda inexplorados por meio de um modelo robusto, fornecendo novos insights para o campo da ergonomia.

1.1. Objetivos da Pesquisa

Os objetivos deste trabalho de conclusão de curso (TCC) na modalidade de artigo científico

podem ser melhor compreendidos quando apresentados como objetivo geral e objetivos específicos.

1.2. Objetivo Geral

Avaliar a relação entre fatores de risco ocupacionais, sintomas de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) e Qualidade de Vida no Trabalho (QVT).

1.3. Objetivos Específicos

Os seguintes objetivos específicos foram idealizados para que o objetivo geral deste TCC fosse alcançados:

- Investigar a influência de fatores biomecânicos no desenvolvimento de sintomas musculoesqueléticos;
- Analisar o impacto dos fatores organizacionais e psicossociais na qualidade de vida dos trabalhadores;
- Verificar a relação entre desconforto musculoesquelético e QVT, considerando a medição de estressores psicossociais.

2. CARTA DE ORIGINALIDADE

A carta de originalidade busca indicar o local no qual o artigo foi publicado. Assim, a Figura 1 apresenta a página da base de dados Elsevier com as informações iniciais sobre o artigo que foi utilizado para esse TCC.

Figura 1 – Artigo disponível na plataforma da revista



O artigo intitulado "Avaliar a relação entre os fatores de risco ocupacionais, distúrbios musculoesqueléticos e qualidade de vida no trabalho: uma análise utilizando PLS-SEM" foi publicado na revista *International Journal of Industrial Ergonomics* em dezembro de 2024. Este estudo teve como objetivo investigar os fatores de risco que levam aos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) e seu impacto na qualidade de vida no trabalho (QVT) dos trabalhadores de uma região de baixa renda do Nordeste Brasileiro.

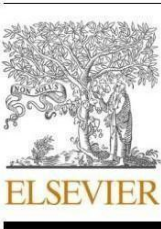
A relevância desta pesquisa está em sua abordagem holística, na qual foram exploradas as complexas relações entre condições ocupacionais, estresse psicossocial e desconforto musculoesquelético. O modelo proposto foi validado utilizando o método PLS-SEM, que permite examinar as relações causais entre as variáveis envolvidas, fornecendo dados importantes para intervenções direcionadas a melhorar as condições de trabalho e a saúde dos trabalhadores.

O artigo está disponível na plataforma da *Elsevier*, mas, como não é de acesso aberto, pode ser acessado gratuitamente através do e-mail institucional de algumas instituições que possuem assinatura com a *Elsevier*. O link para o artigo é: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169814124001148?via%3Dihub>.

Os direitos autorais do artigo foram licenciados à *Elsevier*, que detém o direito exclusivo de reproduzir, publicar e distribuir o conteúdo.

3. APRESENTAÇÃO DO ARTIGO NA INTEGRA

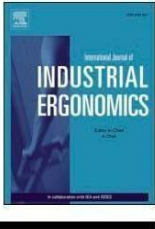
Revista Internacional de Ergonomia Industrial 104 (2024) 103658



Listas de conteúdo disponíveis no [ScienceDirect](#)

Revista Internacional de Ergonomia Industrial

página inicial do periódico: www.elsevier.com/locate/ergon



Avaliar a relação entre os fatores de risco ocupacionais, distúrbios musculoesqueléticos e qualidade de vida no trabalho: uma análise usando PLS-SEM

Jonhatan Magno Norte da Silva ^{a,*}, Lucas Gomes Miranda Bispo ^b, Wilza Karla dos Santos Leite ^c, Elarama Marama de Araújo Vieira ^e, Alexandre Henrique Silva Lisboa ^a, Rafaela de Sá Teixeira ^a

^a Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, Brasil
^b Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil
^c Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa (SP) Brasil
^d Curso de Fisioterapia, Instituto Macapaense de Melhor Ensino Superior, Macapá.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Palavras-chave:
Modelo complexo
Condições de trabalho
Estresse
Sintomas de dor
Países em desenvolvimento
Fatores de risco

RESUMO

Este artigo teve como objetivo testar as hipóteses de um modelo complexo considerando a relação em cadeia entre fatores de risco ocupacionais, sintomas de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) e Qualidade de Vida no Trabalho (QVT) percebida pelos trabalhadores. Avaliamos os fatores de risco psicossocial utilizando itens do Questionário de Conteúdo do Trabalho, do Questionário de Desequilíbrio Esforço-Recompensa e do Questionário Psicossocial de Copenhague II. Os fatores biomecânicos analisados incluíram posturas inadequadas de tronco e membros superiores, levantamento excessivo de peso e permanência prolongada em pé. Os fatores organizacionais avaliados foram trabalho monótono, prazos apertados e baixo estímulo ao trabalho em equipe. Utilizando os Questionários Nórdico e Walton, avaliamos as percepções dos trabalhadores sobre os sintomas de DORT e a QVT. Construímos o modelo utilizando a abordagem de Modelagem de Equações Estruturais por Mínimos Quadrados Parciais (PLS-SEM). O modelo de mensuração avaliou a confiabilidade (confiabilidade composta) e os testes de validade (variância média extraída, método da razão de correlações Heterotrazo-Monotrazo e critério de Fornell-Larcker). O modelo estrutural analisou os caminhos diretos e indiretos entre os fatores e testou as hipóteses (método bootstrapping). Os resultados indicam que a maioria dos fatores biomecânicos afeta as DORT mediadas pelas demandas físicas do trabalho. As demandas físicas do trabalho têm um impacto direto nas DORT e no estresse. Boas condições psicossociais aliviam o estresse, reduzem os sintomas de DORT e aumentam a QVT. Fatores organizacionais prejudiciais atuaram indiretamente nas DORT, amplificando a percepção de estresse. Por fim, as DORT pioram a QVT. Concluímos que o modelo é válido com psicométrica satisfatória para mensurar e relacionar fatores de risco, DORT e QVT, fornecendo insights que podem orientar profissionais e pesquisadores no planejamento e implementação de ações para prevenir riscos e sintomas de DORT e melhorar a QVT.

1. Introdução

O mundo do trabalho vem passando por constantes transformações devido à crescente digitalização das operações de manufatura (Indústria 4.0 ou I4.0) e à incorporação de tecnologias com foco na preservação do meio ambiente e dos valores humanos (Indústria 5.0 ou I5.0) (Xu et al., 2021; Bispo e Amaral, 2024). Via de regra, essas novas tecnologias são projetadas por grandes empresas (Mittal et al., 2018) e exigem um investimento substancial, tanto financeiro (Masood e Sonntag, 2020) quanto na qualificação de recursos humanos (Horvath e Szabo, 2019). Assim, restrições financeiras e humanas impedem a implementação plena de tecnologias em pequenas empresas em países em desenvolvimento (Beier et al., 2022), tornando os avanços da I4.0 e I5.0 pequenos (CNI, 2016). De fato, nos países em desenvolvimento, os sistemas de manufatura e logística ainda se baseiam no uso intensivo de mão de obra e tarefas

manuals, resultando em tédio e fadiga entre os trabalhadores (Battini et al., 2022). No Brasil, especialmente em regiões pobres, como o interior do Nordeste, o uso intensivo de atividades manuais é alto (Bispo et al., 2022; Nascimento et al., 2024), e as condições organizacionais e psicossociais são desfavoráveis (Leite et al., 2021). As premissas ergonômicas em I5.0 não são atendidas, fazendo com que o bem-estar dos trabalhadores fique em segundo plano (Battini et al., 2022). Mesmo que as tecnologias idealizadas em países de alta renda gerem progresso quando implementados nas empresas, o contexto dos países em desenvolvimento precisa levar à construção de métodos e ferramentas específicas para problemas regionais de saúde e segurança ocupacional (Karanikas et al., 2024). Os planos de ação devem considerar as especificidades das diferentes populações de trabalhadores, especialmente na redução de riscos ocupacionais (da Silva et al., 2014).

*Autor correspondente. em: Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia 57480000, Brasil. Endereço de e-mail: jonhatan.silva@delmiro.ufal.br (JMN Silva) <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2024.103658>
Recebido em 17 de julho de 2024; Recebido em forma revisada em 14 de setembro de 2024; Aceito em 19 de outubro de 2024 0169-8141/© 2024 Elsevier BV Todos os direitos reservados, incluindo aqueles para mineração de texto e dados, treinamento de IA e tecnologias semelhantes.

Dentre os problemas de natureza ergonômica estão os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) (de Souza et al., 2021), que causam lesões em 1,71 bilhão de pessoas no mundo (Organização Mundial da Saúde, 2022). Tais distúrbios são considerados o principal problema de saúde ocupacional em países em desenvolvimento (Rathore et al., 2020). Mesmo com alta subnotificação, o número de casos de DORT no Brasil aumentou 184% entre 2009 e 2019 (Brasil. Ministério da Saúde, 2019; Bispo et al., 2022). Portanto, o número de casos de doenças osteomusculares em trabalhadores brasileiros denota um problema de proporções epidemiológicas (Viegas e de Almeida, 2016).

A origem dos DORT é multifatorial, pois envolve fatores de risco biomecânicos, sociodemográficos, organizacionais e psicossociais (Leite et al., 2021). Exemplos de fatores sociodemográficos que influenciam os DORT incluem sexo, idade, nível de escolaridade e tabagismo (Hong et al., 2022). Entre os fatores biomecânicos, pesquisadores destacam a má postura do tronco (Rasoulivalajoozi et al., 2023), ativação excessiva de grupos musculares (Benoit-Piau et al., 2024), permanência prolongada em pé, adoção de posições desconfortáveis para membros superiores e inferiores e levantamento excessivo de cargas com as mãos (de Souza et al., 2021; Bispo et al., 2022). Fatores psicossociais incluem baixo apoio de colegas e supervisores, comprometimento excessivo e baixo controle no trabalho (Nascimento et al., 2024).

Exemplos de fatores organizacionais são a velocidade automática de uma máquina ou o movimento de um produto, um ritmo de trabalho dependente da demanda dos clientes (Bodin et al., 2020; Roquelaure et al., 2019), trabalhar com prazos apertados e trabalho chato (Widanarko et al., 2014). De Souza et al. (2021) sugerem que a influência dos fatores de risco é complexa e pode ser direta ou indireta.

Estudos indicam que fatores biomecânicos como levantamento de cargas, posições desconfortáveis e movimentos repetitivos podem lesionar diretamente músculos, tendões e articulações (Bispo et al., 2022). Fatores organizacionais e psicossociais atuam no desenvolvimento de sintomas musculoesqueléticos indiretamente, causando aumento ou redução da tensão muscular devido à ação de hormônios e metabólitos relacionados ao estresse (Lundberg et al., 1989; Bathman et al., 2013; Bodin et al., 2020).

Entre as consequências dos DORT está a redução da Qualidade de Vida no Trabalho (QVT) (de Almeida et al., 2019; Lang et al., 2012; Macaluso et al., 2021). Existem diversas interpretações para o conceito de Qualidade de Vida no Trabalho (QVT). No entanto, fatores de risco clássicos ainda estão fortemente relacionados, como boas condições ergonômicas no local de trabalho, satisfação no trabalho e redução da influência de estressores psicossociais (Amarante et al., 2023). A associação entre DORT e QVT pode ser analisada em cenários em que os trabalhadores vivenciam incapacidade prolongada (Coutu et al., 2005), mas também entre trabalhadores saudáveis (Cordioli Junior et al., 2020).

Este artigo considera que os fatores de risco ocupacionais, sintomas de DORT e

QVT estão ligados em uma relação de cadeia. Por outro lado, os pesquisadores ainda não descobriram nenhum artigo que tenha como objetivo apresentar simultaneamente um modelo holístico e intrínco incorporando todos esses fatores.

Assim, alguns estudos buscaram relacionar os fatores de risco aos sintomas de DORT (Leite et al., 2021; Bispo et al., 2022), assumindo que tais sintomas poderiam comprometer a QVT, mas sem identificar o real tamanho do efeito dessa relação. Outros estudos buscaram relacionar os sintomas de DORT relatados pelos trabalhadores às dimensões da QVT (Cordioli Junior et al., 2020) sem considerar quais fatores de risco contribuíram para o desenvolvimento e piora dos sintomas.

Diante do exposto, este artigo teve como objetivo testar as hipóteses de um modelo complexo considerando a relação em cadeia dos fatores de risco ocupacionais, sintomas de DORT e QVT percebida pelos trabalhadores. Para tanto, propõe um modelo holístico que engloba a influência direta e indireta de múltiplos fatores ocupacionais. Da mesma forma, apresenta e valida a estrutura reflexiva relacionada a traços latentes complexos como QVT e desconforto musculoesquelético percebido pelos trabalhadores.

Dessa forma, este artigo contribui para a literatura existente ao analisar a relação entre fatores de risco, DORT e QVT em um único modelo por meio da Modelagem de Equações Estruturais (MEE). Esse recurso permite que esses fatores ocupacionais sejam

mensurados e relacionados, tanto direta quanto indiretamente, dentro de um único modelo (Neves, 2018). Usando o MEE, múltiplos procedimentos estatísticos, como regressão múltipla, correlação e análise fatorial, são englobados em um único modelo, garantindo a robustez dos

resultados e fornecendo uma análise holística da relação entre os fatores envolvidos no modelo (Brei e Liberati Neto, 2006). Essa propriedade tem se mostrado útil em ergonomia devido à relação em cadeia em vários fenômenos encontrados em ambientes de trabalho. Consequentemente, alguns estudos, por exemplo, começaram a usar o MEE para relacionar fatores de risco à ocorrência de DORT (Eatough et al., 2012; Bodin et al., 2020; de Souza et al., 2021; Nascimento et al., 2024). Entretanto, este é o primeiro estudo a expandir esta análise propondo um modelo que também abrange uma consequência negativa dos DORT: a redução da QVT. Devido às relações hierárquicas de fatores que são difíceis de mensurar, exigindo uma abordagem de desagregação abrangente, como Al-Mekhlafi et al. (2023) recomendaram, este estudo utilizou a Modelagem de Equações Estruturais de Mínimos Quadrados Parciais (PLS-SEM).

Estudos em ergonomia industrial têm explorado pouco esse método. Portanto, este estudo visa trazer elementos ainda inexplorados por meio de um modelo robusto, fornecendo novos insights para o campo da ergonomia.

2. Desenvolvimento de modelos e hipóteses

A solução para os DORT não é trivial devido à sua natureza multifatorial e origem complexa (Bodin et al., 2020). Portanto, um modelo teórico deve considerar variáveis biomecânicas, organizacionais, sociodemográficas e estressores psicossociais (Leite et al., 2021), pois estes podem contribuir para o desenvolvimento de sintomas musculoesqueléticos. Além disso, é necessário propor um modelo que considere a complexidade das relações entre os fatores presentes no ambiente de trabalho, confirmando ou rejeitando as hipóteses (de Souza et al., 2021). Este artigo testou um modelo teórico (Fig. 1) e hipóteses relacionadas aos riscos biomecânicos (H1a a H1k), à atenuação do estresse ocupacional (H2a e H2b), à influência de fatores organizacionais (H3a a H3c) e à relação entre desconforto musculoesquelético e QVT (H4).

Dentre os fatores biomecânicos, a literatura sugere que levantar cargas (Bispo et al., 2022), tempo prolongado de trabalho em pé (Zare et al., 2015), adotar posturas inadequadas de tronco (Engholm e Holmstrom, 2005) e membros superiores (Silva et al., 2020) aumentam a chance de sintomas musculoesqueléticos. Achados de Yang et al. (2023) indicaram que trabalhos que exigem levantamento de pesos maiores que 5 kg aumentam consideravelmente o risco de sintomas musculoesqueléticos em regiões do tronco e membros superiores e inferiores. Ribeiro et al. (2012) e Thetkathuek e Meepradit (2016) destacaram que permanecer em pé pode contribuir para o surgimento de sintomas em membros inferiores devido à sobrecarga de peso corporal nesses segmentos corporais. Embora seja difícil determinar o momento exato em que os indivíduos começam a apresentar sintomas devido à necessidade de permanecer em pé, principalmente considerando a influência de fatores psicológicos na intensidade da dor (Sorensen et al., 2016), ficar em pé por 25–50% da jornada de trabalho aumenta o risco de DORT, particularmente na região lombar (Nygaard et al., 2022). Widanarko et al. (2014) indicaram que a necessidade de adotar posturas inadequadas durante o trabalho está associada a sintomas em regiões próximas aos ombros e pescoço, resultando em redução da atividade laboral devido à dor. Assim, posturas desconfortáveis no tronco e membros superiores são fatores de risco ocupacionais significativos que contribuem para DORT (Yazdanirad et al., 2022). Portanto, com base em achados anteriores na literatura, o modelo teórico testou as seguintes hipóteses (H):

H1a. O fator de levantamento de carga excessivo está diretamente relacionado aos sintomas de DORT;

H1b. O tempo prolongado de trabalho em pé está diretamente relacionado aos sintomas de DORT;

H1c. A adoção de posturas inadequadas do tronco está diretamente relacionada aos sintomas de DORT;

H1d. Adotar posturas inadequadas dos membros superiores está diretamente relacionada aos sintomas de DORT.

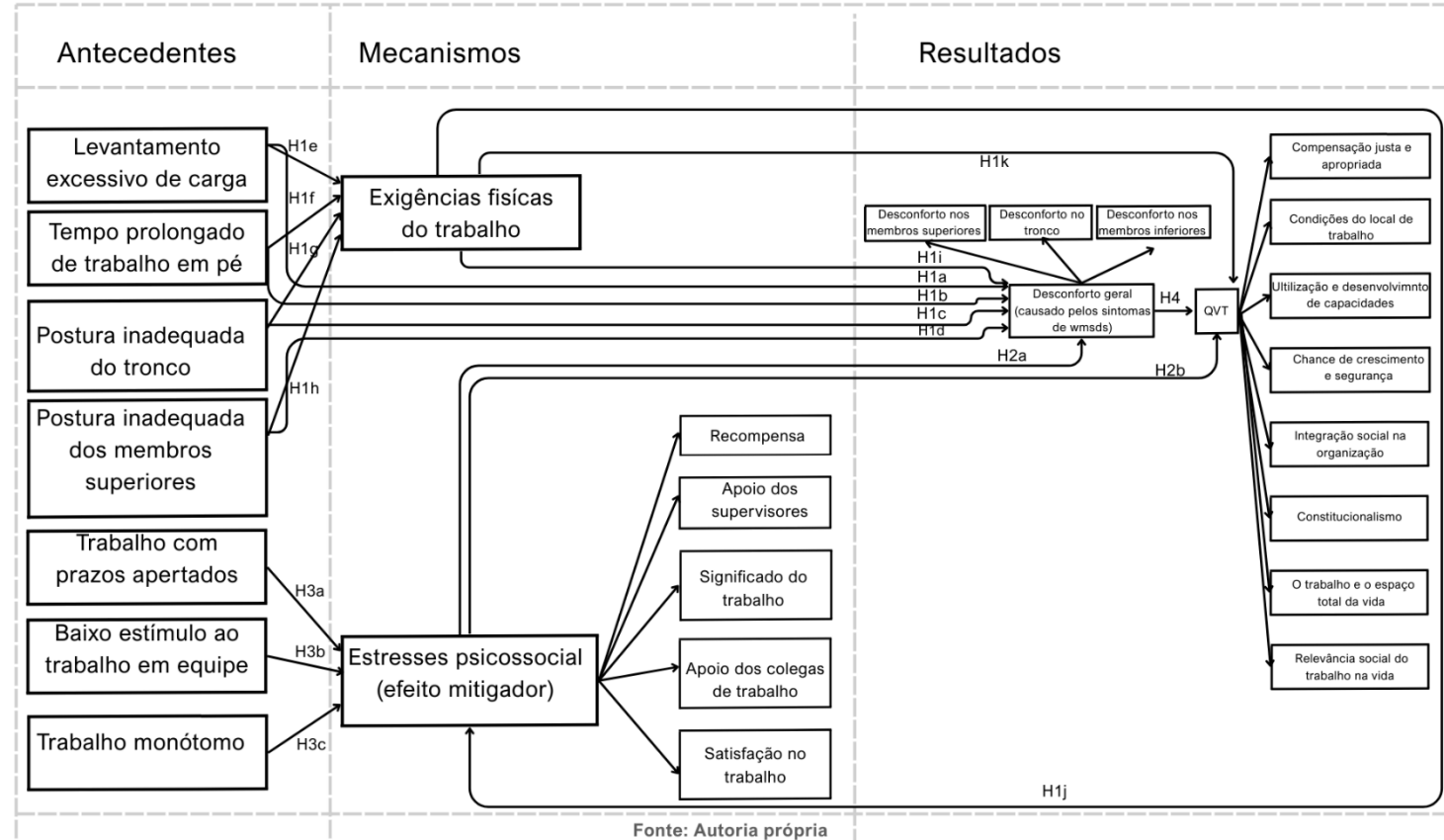


Fig. 1. Modelo teórico e hipóteses.

Por outro lado, altas demandas físicas do trabalho aumentam a chance de sintomas musculoesqueléticos (Du et al., 2021). No entanto, esse fator está associado à percepção do trabalhador sobre a ação conjunta de diferentes fatores biomecânicos. Como resultado, os autores apresentam as seguintes hipóteses:

- H1e.** O fator de elevação de carga excessiva está diretamente relacionado ao aumento das demandas físicas do trabalho;
- H1f.** O tempo prolongado de trabalho em pé está diretamente relacionado ao aumento das exigências físicas do trabalho;
- H1g.** A adoção de posturas inadequadas do tronco está diretamente relacionada ao aumento das exigências físicas do trabalho;
- H1h.** A adoção de posturas inadequadas dos membros superiores está diretamente relacionada ao aumento das exigências físicas do trabalho;
- H1i.** Altas demandas físicas no trabalho influenciam diretamente os sintomas de DORT e mediam outros fatores biomecânicos.

Marcatto et al. (2016) fornecem evidências de uma relação entre altas demandas físicas no trabalho e aumento do estresse percebido pelos trabalhadores. As altas demandas físicas do trabalho levam à exaustão do trabalhador, alterando a carga mental subjetiva e aumentando o risco de DORT (Darvishi et al., 2016). Portanto, há evidências de que as cargas de trabalho geradas por altas demandas físicas aumentam os níveis de estresse (Shively et al., 2010). Como resultado, os autores apresentam a seguinte hipótese:

- H1j.** As exigências físicas do trabalho estão relacionadas aos níveis de estresse percebidos pelos trabalhadores.

Por outro lado, as altas exigências físicas do trabalho impactam a QVT devido à redução da capacidade de trabalho (Chiu et al., 2007). Os pesquisadores notaram que a deterioração da qualidade de vida está correlacionada com parâmetros físicos, particularmente entre indivíduos que apresentam sintomas de DORT (Chang et al., 2020). Pesquisadores reconhecem que as demandas físicas influenciam mutuamente a qualidade de vida e o desempenho dos trabalhadores (Rodeghiero Neto e Amaral, 2020). Assim, a ação conjunta de fatores biomecânicos contribui para a redução da QVT. Com base nas informações fornecidas,

s pesquisadores formularam a seguinte hipótese:

- H1k.** As demandas físicas do trabalho impactam a QVT percebida pelos trabalhadores

Fatores psicossociais contribuem para DORT, alterando a probabilidade de ocorrência dos sintomas (Vargas-Prada e Coggon, 2015; Silva et al., 2017; Nascimento et al., 2024). Os pesquisadores normalmente classificam esses fatores como estressores ocupacionais que contribuem para DORT (Herr et al., 2015). Os pesquisadores vincularam fatores psicossociais, como a percepção de recompensa (Siegrist, 1996), o apoio de supervisores e colegas de trabalho (Karasek et al., 1998), a satisfação no trabalho (Nag et al., 2012; Nagaraj et al., 2019) e o significado do trabalho (Bispo et al., 2022) aos sintomas de DORT. Vale destacar que condições psicossociais favoráveis podem proteger a saúde dos trabalhadores (Yeung et al., 2005; Nascimento et al., 2024). Dessa forma, alguns fatores psicossociais podem reduzir os níveis de estresse percebidos, diminuindo as chances de sintomas musculoesqueléticos (de Souza et al., 2021; Nascimento et al., 2024). Com base nas informações fornecidas, os autores formularam a seguinte hipótese:

- H2a.** Níveis mais baixos de estresse devido à ação positiva de fatores psicossociais podem atenuar os sintomas de DORT.

Portanto, este estudo considera que o estresse tem origem na associação de fatores psicossociais (Siegrist, 1996; Karasek et al., 1998), representados como um traço latente de segunda ordem (de Souza et al., 2021). Assim, o escore de estresse advém da relação entre os fatores psicossociais e seus respectivos pesos fatoriais. Vale destacar que os achados de Amin et al. (2015), Barr (2018), Wei et al. (2018), Bergman et al. (2020), Zaghini et al. (2023) e Gotardelo et al. (2023) indicaram que o estresse tende a piorar a percepção de QVT dos trabalhadores. No entanto, tais estudos focados na influência do estresse no trabalho nas dimensões ou facetas que compõem a QVT. Assim, a compreensão da magnitude do impacto do estresse em uma pontuação geral de QVT ainda precisa ser melhorada. Com base nas informações fornecidas, os autores formularam a seguinte hipótese:

- H2b.** Os níveis de estresse estão relacionados à QVT percebida pelos trabalhadores.

A organização do trabalho tem sido indiretamente associada a sintomas musculoesqueléticos (Widanarko et al., 2014). Monotonia, prazos apertados e baixa estimulação do trabalho em equipe são fatores essenciais na organização do trabalho (Roquelaure et al., 2014). No entanto, apenas alguns estudos buscam relacionar esses fatores aos DORTs em modelos multivariados e complexos. Resultados de uma meta-análise indicaram que a monotonia está associada ao aparecimento de DORTs em diferentes regiões do corpo (Lang et al., 2012) devido ao aumento da carga mental subjetiva, contribuindo para sintomas musculoesqueléticos (Darvishi et al., 2016). Pesquisadores têm vinculado o trabalho em equipe ao fomento de um excelente clima organizacional, à redução do absenteísmo e à mitigação de doenças ocupacionais (Hinkka et al., 2013).

Portanto, desencorajar o trabalho em equipe aumenta o risco nos locais de trabalho. Trabalhar com prazos apertados aumenta a carga de trabalho e a pressão de produtividade, resultando em sintomas de dor nas costas (Lundberg et al., 1989; Bernard e Putz-Anderson, 1997). Assim como os fatores psicossociais, os fatores organizacionais interferem nos níveis de estresse, aumentando indiretamente a probabilidade de DORTs (Bodin et al., 2020). Com base nas informações fornecidas, os autores formularam várias hipóteses:

H3a. Trabalhar com prazos apertados aumenta os níveis de estresse dos trabalhadores;

H3b. A baixa estimulação do trabalho em equipe aumenta os níveis de estresse dos trabalhadores;

H3c. O trabalho monótono aumenta os níveis de estresse dos trabalhadores.

Na maioria dos casos, os sintomas de DORT se manifestam como dor. Alguns pesquisadores dedicaram alguns estudos à quantificação do desconforto relacionado à dor usando questionários e diagramas do corpo humano (Sauter et al., 1991; Chung e Choi, 1997; Zakerian e Subramaniam, 2011; Russell e Bene-detto, 2014; Silva et al., 2020, 2021, 2022). Os sintomas de DORT capturados por tais ferramentas mostraram boas propriedades psicométricas (Saltychev et al., 2016). Assim, os sintomas são agrupados em dimensões de desconforto, gerando resultados que podem expressar a percepção de dor vivenciada pelos trabalhadores (da Silva et al., 2023). Ao analisar as respostas associadas aos sintomas dolorosos por meio de procedimentos matemáticos, esses estudos buscaram expressar as percepções dos trabalhadores sobre o desconforto musculoesquelético com o mínimo de viés e erro de medição. Alguns estudos escolheram regiões específicas do corpo para gerar múltiplos escores que representam dimensões do desconforto musculoesquelético percebido pelos trabalhadores para diferentes áreas do corpo (Sauter et al., 1991; Chung e Choi, 1997). Por outro lado, outros estudos indicaram que os sintomas formam apenas uma única dimensão do desconforto musculoesquelético (Zakerian e Subramaniam, 2011; Silva et al., 2021). O modelo teórico proposto por este artigo buscou gerar dimensões de primeira ordem, calculando escores de desconforto para sintomas no tronco, membros superiores e membros inferiores. Segundo Serafim et al. (2024), essas três dimensões de primeira ordem podem ser concatenadas para originar uma única dimensão de segunda ordem relacionada ao desconforto causado pelos DORT. O impacto desta dimensão na QVT foi testado. Descobertas de Roux et al. (2005), Oliveira et al. (2019), Cordioli Junior et al. (2020) e Sezer et al. (2022) indicaram correlação entre dor musculoesquelética e dimensões da QVT. Dessa forma, é crucial priorizar a prevenção dos DORT, uma vez que seus sintomas afetam diretamente tanto os aspectos físicos quanto os mentais da qualidade de vida (Vega-Fernandez et al., 2021). Dessa forma, a última hipótese foi verificada.

H4. DORTs prejudicam a qualidade de vida.

Pesquisadores relacionaram o sexo feminino (Wijnhoven et al., 2006), a idade (Yu et al., 2012), o índice de massa corporal (IMC) (Leite et al., 2021), a atividade física (Dianat et al., 2015) e o tipo de emprego (Silva et al., 2022) à ocorrência de DORT. Os autores ajustaram o modelo usando fatores sociodemográficos.

Para melhor representar as relações complexas entre fatores de risco e DORTs, estudos utilizaram modelagem de equações estruturais baseada em covariância (CB-SEM) (Bodin et al., 2020; de Souza et al., 2021; Nascimento et al., 2024). Por outro lado, usar o estimador de mínimos quadrados parciais (PLS) é mais adequado para modelos com hierarquias de fatores mais complicadas que requerem uma abordagem de desagregação completa (Al-Mekhlafi et al., 2023). Em relação à utilização de CB-SEM e Modelagem de Equações Estruturais de

Mínimos Quadrados Parciais (PLS-SEM), distinções particulares merecem atenção: (1) CB-SEM é adequado para confirmar ou rejeitar teorias e visa minimizar a diferença entre a matriz teórica e a matriz de covariância estimada, enquanto PLS-SEM é usado para explorar e expandir teorias existentes e visa maximizar a variância explicada de construtos latentes dependentes; (2) CB-SEM requer suposições rigorosas relacionadas ao tamanho da amostra e à normalidade multivariada dos dados, enquanto PLS-SEM é mais robusto e não requer a suposição de normalidade multivariada ou amostras grandes; (3) CB-SEM trabalha com construções formativas, enquanto PLS-SEM trabalha com construções formativas e reflexivas; e (4) CB-SEM é apropriado para modelos não recursivos, enquanto PLS-SEM é adequado para modelos complexos com muitas construções (Hair et al., 2021a; Sarstedt et al., 2017a,b; Rigdon et al., 2017; Henseler et al., 2015a,b). Assim, a escolha metodológica para construir e relacionar os fatores foi usar PLS-SEM.

3. Métodos

Os autores conduziram o estudo em três etapas: (I) Amostra e coleta de dados, (II) Medidas e (III) Análise de dados. Todos os procedimentos metodológicos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alagoas sob o código CAEE 35014720.6.0000.5013.

3.1. Amostra e coleta de dados

A amostra é composta por trabalhadores brasileiros que atuam na região do Sertão dos Estados de Alagoas e Bahia. Professores (n = 159) de 12 escolas municipais ou estaduais, enfermeiros (n = 167) de 6 hospitais ou postos de saúde, vendedores (n = 35) de 5 lojas e trabalhadores de uma indústria de transformação (n = 59). Foram excluídos trabalhadores com histórico de afastamento do trabalho por acidentes ou Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho, portadores de DORT (DORTs), gestantes, diabéticos e hipertensos deste estudo.

A região do Sertão dos Estados de Alagoas e Bahia compreende 53 municípios com uma força de trabalho de 113.503 trabalhadores (Bispo et al., 2022). Portanto, utilizando o intervalo de confiança de 95%, uma frequência esperada de 50%, um erro aceitável de 5,55% e o cálculo de amostra finita de Hedayat e Sinha (1991), estimou-se que uma amostra de 312 trabalhadores seria representativa. A amostra coletada neste estudo foi de 420 trabalhadores. Funcionários com 18 anos ou mais puderam participar do estudo, exceto indivíduos em cargos temporários, aqueles que perderam seus empregos por causa de distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho (DORT) ou acidentes de trabalho e aqueles que tinham hipertensão, estavam grávidas ou tinham problemas de saúde. A legislação brasileira permite apenas a contratação de indivíduos com 18 anos ou mais. Indivíduos com histórico de DORT ou acidentes podem ter efeitos residuais que ainda podem causar dor em certas áreas. Portanto, eles não foram incluídos no estudo atual. Da mesma forma, trabalhadores com hipertensão, mulheres grávidas ou pessoas com problemas de saúde podem sentir dores em regiões do corpo não relacionadas ao seu trabalho.

A região do Sertão, por estar longe de grandes centros comerciais ou grandes indústrias, tem disponibilidade limitada de empregos formais. Uma parcela significativa da disponibilidade de empregos é temporária, geralmente na forma de empregos do tipo faz - tudo. Assim, alguns trabalhadores de manutenção se envolvem em uma variedade de atividades laborais, incluindo tarefas tipicamente associadas à agricultura, pecuária, direção, operação de máquinas para preparação de ração animal, limpeza, cuidados infantis, cuidados com idosos, jardinagem, segurança, culinária, trabalho de escritório, servir mesas, mecânica de manutenção, trabalho elétrico, encanamento, alvenaria, carpintaria ou qualquer outro serviço exigido deles. Essa variedade de tarefas complica a identificação do nexo causal entre os riscos das atividades realizadas, os sintomas apresentados e a qualidade de vida relatada. Para ser inclusivo e representativo, combinamos trabalhadores de diferentes atividades em uma única amostra. Essa abordagem permitiu a aplicação de procedimentos matemáticos e nos permitiu reunir uma amostra razoável de trabalhadores, garantindo assim que nossa pesquisa reflita a dinâmica laboral diversa da região.

3.2. Medidas

Os fatores foram medidos com base em um modelo reflexivo devido à causalidade entre as variáveis latentes e suas medidas. Estudos anteriores validaram os itens nos instrumentos de coleta de dados usados neste artigo, representando uma amostra do conteúdo necessário para medir cada construto ou dimensão correspondente (Hair et al., 2011). Cada item dentro de um construto é correlacionado entre si. Se confiável, o sinal do construto permanece inalterado se um item for omitido (Rubio-Andrés et al., 2023). Os construtos foram separados em dimensões de primeira e segunda ordem e representam traços latentes percebidos pelos trabalhadores. Foram selecionados fatores psicossociais que poderiam aliviar o estresse dos trabalhadores: satisfação no trabalho, significado do trabalho, apoio de supervisores e colegas de trabalho e recompensa. O apoio de colegas de trabalho e o apoio de supervisores foram avaliados pelo Job Content Questionnaire (JCQ) (Karasek et al., 1998). O Questionário de Desequilíbrio Esforço-Recompensa (Siegrist, 1996) avaliou a percepção de recompensa. Os itens do Questionário Psicossocial de Copenhague II (COPSOQ II) (Pejtersen et al., 2010) avaliaram o significado do trabalho e a satisfação no trabalho. Uma escala Likert de cinco pontos (1 - nunca, 2 - raramente, 3 - às vezes, 4 - frequentemente e 5 - sempre) auxiliou o processo de resposta dos trabalhadores.

Conforme teorizado por Siegrist (1996) e Karasek et al. (1998), a interação de múltiplos fatores psicossociais de primeira ordem origina a percepção do estresse vivenciado pelos trabalhadores. Semelhante ao estudo de de Souza et al. (2021), os fatores psicossociais de primeira ordem tendem a atenuar os efeitos do estresse, dado que o aumento da satisfação no trabalho, do apoio no trabalho (de colegas e supervisores), do significado do trabalho e da recompensa reduzem o estresse percebido. Portanto, o efeito protetor do estresse, calculado a partir de fatores psicossociais (Yeung et al., 2005), é um traço latente de segunda ordem avaliado neste estudo.

Os fatores biomecânicos analisados foram 'posturas ruins do tronco', 'posturas ruins dos membros superiores', 'levantamento excessivo de carga' e 'tempo prolongado de trabalho em pé'. Os seguintes fatores são classificados como raros (<1 h por dia), frequentes (1–6 h por dia) e permanentes (>6 h por dia) (Widanarko et al., 2014). A percepção dos trabalhadores sobre as demandas físicas do trabalho também foi analisada usando itens do JCQ (Karasek et al., 1998).

Os fatores organizacionais avaliados foram 'trabalho monótono', 'trabalhar com prazos apertados' e 'baixo estímulo ao trabalho em equipe'. O item avaliou os prazos apertados: 'Tenho que trabalhar muito rápido' do Copenhagen Psychosocial Questionnaire II (COPSOQ II) (Pejtersen et al., 2010). Com base em dois itens do JCQ (Karasek et al., 1998), os fatores 'monotonia' (minha tarefa requer trabalho repetitivo) e 'baixo estímulo ao trabalho em equipe' (meu supervisor é bem-sucedido em promover o trabalho em equipe) foram avaliados. O fator de baixo estímulo ao trabalho em equipe, que teve sua escala invertida durante a tabulação dos dados). Uma escala Likert de cinco pontos auxiliou a resposta dos trabalhadores à frequência de ocorrência (variando de nunca a sempre).

A versão adaptada do Questionário Nórdico (Kuorinka et al., 1987) avaliou a percepção de sintomas musculoesqueléticos. Usando uma escala Likert de 5 pontos, os trabalhadores indicaram a intensidade dos sintomas musculoesqueléticos (1 – sem dor, 2 – dor leve, 3 – dor moderada, 4 – dor intensa e 5 – dor extrema) nos últimos sete dias nas regiões cervical, trapézio, parte superior das costas, parte média das costas, lombar, quadril, além dos lados direito e esquerdo do corpo para os ombros, braços, cotovelos, antebraços, mãos, coxas, joelhos, pernas, tornozelos e pés. Os resultados das análises fatoriais de estudos anteriores indicaram que os sintomas de DORT pertencem a diferentes dimensões (sintomas no tronco, sintomas nos membros inferiores, sintomas no lado esquerdo dos membros superiores e sintomas no lado direito dos membros superiores) (Sauter et al., 1991); No entanto, Silva et al. (2020), constataram que os sintomas nos membros superiores formam apenas uma única dimensão. Agrupamos os sintomas no tronco, membros superiores e inferiores em três dimensões de primeira ordem. A relação entre as três dimensões do desconforto de primeira ordem determinou a dimensão de segunda ordem denominada desconforto musculoesquelético geral (Serafim et al., 2024).

O Questionário Walton (Walton, 1973), adaptado por Timossi et al. (2009), avaliou dimensões da QVT. As dimensões analisadas por este instrumento foram remuneração justa e adequada, condições de trabalho, uso e desenvolvimento de capacidades, chance de crescimento e segurança, integração social na organização, constitucionalismo, trabalho e o espaço total da vida e relevância social do trabalho na vida. Foi utilizada uma escala Likert de cinco pontos (1 - discordo totalmente, 2 - discordo, 3 - nem concordo nem discordo, 4 - concordo e 5 - concordo totalmente). Autores como Sabonete et al. (2021) destacam que o Questionário Walton é uma ferramenta adequada para avaliar a qualidade de vida dos trabalhadores, pois combina aspectos positivos e negativos do trabalho que se encaixam bem em diferentes contextos sociais. Além disso, é um instrumento amplamente aplicado e

validado em vários estudos conduzidos em todo o mundo.

Timossi et al., observaram que o uso desta ferramenta se justifica devido à ampla gama de situações de trabalho abrangidas por seus construtos e sua flexibilidade com critérios listados sem prioridade, que podem ser dispostos de forma diferente dependendo da realidade da organização. Portanto, o modelo de Walton (1973) foi desenvolvido e é utilizado para expressar aspectos do trabalho que influenciam a percepção dos trabalhadores sobre a QVT. Assim, a avaliação fornecida por esta ferramenta é relevante para mensurar a QVT, pois suas oito dimensões são interdependentes em algum grau, de modo que a percepção de um trabalhador sobre um construto pode consequentemente impactar sua percepção sobre outros construtos (Walton, 1973; Sabonete et al., 2021). Portanto, a concatenação das dimensões de primeira ordem do modelo de Walton avaliou o escore geral da QVT. Assim, a QVT foi considerada um traço latente de segunda ordem.

3.3. Análise de dados

O software Smart-PLS 4 (Ringle et al., 2022) testou o modelo teórico com base na modelagem de equações estruturais de mínimos quadrados parciais (PLS-SEM). Para conduzir o PLS-SEM, os pesquisadores devem garantir um tamanho de amostra adequado, evitar multicolinearidade entre preditores e eliminar erros de especificação no modelo teórico (Hair et al., 2021). Em relação à amostra mínima para PLS-SEM, devem ser sugeridos os métodos da raiz quadrada inversa e gama-exponencial (Kock e Hadaya, 2018). Dado que se trata de um modelo exploratório, em que o valor absoluto da carga significativa menor foi de 0,122, foi estimada uma amostra mínima de 415 e 411 trabalhadores pelos métodos da raiz quadrada inversa e gama-exponencial, respectivamente. Também não foram observadas relações inversas entre os coeficientes de caminho, indicando a ausência de erros de especificação no modelo teórico (Whittaker e Schumacker, 2022). Os valores de VIF entre os preditores foram menores que 3,3, indicando a ausência de multicolinearidade (Lindner et al., 2020). Os dados coletados não apresentaram valores faltantes ou lineares. Não foram verificados outliers, com valores de $z > 2,58$. Dessa forma, a estimativa dos parâmetros do modelo foi sem vies.

Os autores realizaram dois testes t para observar a ausência de vies de não respondente. Inicialmente, os primeiros 150 trabalhadores tiveram respostas em comparação aos últimos 150 (tardios e precoces) (Bianco et al., 2023). O segundo teste comparou as respostas dos trabalhadores que nunca se recusaram a participar da pesquisa com aqueles que inicialmente se recusaram a participar (Fulton, 2018). Ambos os testes t apresentaram valores de $p < 0,05$, indicando ausência de vies de não respondente.

Em seguida, utilizamos análise de modelo de mensuração, testes de confiabilidade, testes de validade convergente e testes de validade discriminante. O valor de confiabilidade composta (CR) foi analisado para avaliar a confiabilidade. Valores de CR $> 0,700$ indicam que as dimensões ou características latentes apresentam confiabilidade (Hair Jr et al., 2014). O valor da variância média extraída (AVE) garantiu a validade convergente, que deve ser maior que 0,5 no nível da dimensão (Henseler, 2020) para garantir a validade convergente. Validade discriminante ao nível das dimensões de primeira ordem (parte de medição do modelo) foi analisada usando o método de razão de correlações Heterotrait-Monotrait (HTMT), que deve ser menor que 0,850 (Hair Jr et al., 2014) para garantir a validade discriminante. A validade dos itens foi testada através do método de carregamento cruzado no nível dos fatores (Hair et al., 2014).

Após avaliar o modelo de mensuração, procedemos com a análise do modelo estrutural. A validade discriminante foi testada no nível do modelo estrutural usando o critério de Fornell-Larcker (Fornell e Larcker, 1981). O critério de Fornell-Larcker compara a variância compartilhada entre um construto e seus indicadores por meio do valor AVE com a variância compartilhada entre o construto e outros construtos no modelo. por meio de correlações quadradas, de modo que a validade discriminante seja garantida quando a raiz quadrada da AVE para cada construto for maior do que as correlações entre esse construto e qualquer outro construto no modelo (Hair et al., 2021; Henseler et al., 2015a,b; Rasoolimanesh, 2022). Parâmetros como R^2 ajustado, tamanho do efeito (f^2) para garantir a porcentagem de variância explicada, e VIF interno foram usados a utilidade de cada característica latente para alterar o modelo e o nível de correlação entre as dimensões, respectivamente (Hair Jr et al., 2014). Esses testes são relevantes para demonstrar o ajuste do modelo. Valores de R^2 ajustado iguais a 0,02, 0,13 e 0,26 são referências para indicar que o grau de explicação das variáveis endógenas é baixo, médio e alto, respectivamente (Cohen et al., 2013). Valores f^2 igual a 0,02, 0,15 e 0,35 indicam um baixo, médio e alto de tamanho do efeito (Hair et al., 2014). Os valores internos de VIF devem ser menores que 3,3 para demonstrar a ausência de multicolinearidade (Lindner et al., 2020).

No modelo estrutural, uma abordagem bootstrapping foi usada com 5 mil subamostras com um nível de significância de 5% para aceitar ou rejeitar as hipóteses (Streukens e Leroi-Werelds, 2016). Essa abordagem ajuda a testar a significância estatística dos resultados do modelo PLS-SEM. Ela oferece vantagens como (1) bootstrapping permite o cálculo de erros padrão para estimativas de coeficientes do modelo, o que é crucial para avaliar a precisão das estimativas de coeficientes e seus intervalos de confiança; (2) bootstrapping gera múltiplas subamostras, ajudando a garantir que os resultados do modelo sejam robustos e não dependam de uma única amostra específica; (3) devido à falta de garantia de distribuição normal nos dados, o bootstrapping é um método não paramétrico adequado para calcular valores de coeficientes para efeitos diretos e indiretos, permitindo uma melhor compreensão das diversas relações presentes no modelo (Hair et al., 2021; Streukens e Leroi-Werelds, 2016; Becker et al., 2022).

Além das hipóteses, incluímos variáveis de controle no modelo. Essas variáveis abrangeram sexo (masculino e feminino), idade (em anos), IMC (Kg/m²), tipo de vínculo empregatício (agente público e trabalhador do setor privado) e frequência de atividades físicas (número de dias por semana). Por fim, o estudo avaliou os valores dos caminhos diretos e indiretos.

Testamos a robustez do modelo em casos de não linearidade, endogeneidade e heterogeneidade não observada. A não linearidade foi observada por meio da análise de efeitos quadráticos (Lim et al., 2021), portanto, não são esperadas relações significativas nos fatores com efeitos quadráticos incluídos no modelo. A presença de problemas de endogeneidade foi testada usando a abordagem de cópula gaussiana (Park e Gupta, 2012). O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors (Sarstedt e Mooi, 2019) verificou a ausência de normalidade nos dados, permitindo o uso da abordagem de cópula gaussiana para testar a endogeneidade. Assim, a falta de combinações significativas de cópula (ou seja, valor de $p < 0,05$) indica que não há problemas de endogeneidade. Finalmente, o procedimento de mistura finita (FIMIX-PLS) (Sarstedt et al., 2017a,b) com dez replicações (Hair et al., 2016) testou heterogeneidade não observada. O número máximo de segmentações para FIMIX-PLS foi determinado com base nas necessidades do tamanho da amostra. (Henseler et al., 2015a,b). Ao aplicar o método da regra de 10 vezes para determinar o tamanho da amostra por segmentação (Hair Jr et al., 2014) e sabendo que o número máximo de setas no mesmo traço latente no modelo teórico é igual a 10, estimamos um tamanho mínimo de amostra de 100 respondentes. Reconhecemos que a uniformidade no número de respondentes por segmento é improvável (Hair et al., 2016). Portanto, um máximo de três segmentações foi estimado. Valores mais baixos de AIC3 e CAIC podem indicar o número apropriado de segmentos para dividir a amostra (Sarstedt et al., 2011). No entanto, valores de entropia menores que 0,50 devem ser analisados, pois fornecem evidências de que a heterogeneidade não observada não representa um problema para o modelo (Lim et al., 2021).

4. Resultados

Os achados foram categorizados com base na avaliação dos modelos de medição e estruturais. A abordagem PLS-SEM tem desempenho superior para avaliar modelos complexos com características latentes de ordem superior (Sarstedt et al., 2019) como dimensões de segunda ordem.

4.1. Caracterização da resposta

Os dados coletados tiveram naturezas diversas, exigindo a caracterização das respostas (Tabela 1). Em relação aos fatores sociodemográficos, observou-se que a amostra é composta majoritariamente por mulheres do serviço público, com menos de 40 anos, com peso normal e que não realizam atividades físicas. Em relação aos fatores biomecânicos, a maioria trabalha em pé por mais de 6 h diárias, gasta menos de 1 h levantando cargas excessivas e adota posturas inadequadas de tronco e membros superiores. Em relação aos fatores organizacionais, constatou-se que o trabalho às vezes é monótono e exige prazos apertados e que o trabalho em equipe é frequentemente desestimulado. Entre os fatores psicossociais, o significado do trabalho recebeu a maior média de resposta. O apoio do supervisor foi a menor média. A maior média de resposta é obtida para a subescala da QVT 'Relevância social do trabalho na vida'. A subescala Remuneração justa e adequada recebeu os menores valores de resposta em média.

Em relação aos sintomas de DORT (Fig. 2), a maioria da amostra relatou ausência ou

sintomas leves de dor. O cotovelo esquerdo (79,00%) e o antebraço esquerdo (76,2%) foram as regiões sem sintomas de DORT. A região do trapézio apresentou a maior frequência de respostas para sintomas de dor leve (31,7%) e dor moderada (18,3%). As regiões com sintomas de dor mais intensos foram a lombar (13,3%) e a cervical (12,4%). As regiões da mão esquerda, pé direito e tornozelo direito apresentaram os maiores sintomas extremos de dor (5,2%).

4.2. Avaliação do modelo de medição

Existem muitas maneiras de avaliar a confiabilidade e a validade de traços latentes. O estudo selecionou estatísticas da confiabilidade composta (CR) para determinar os critérios de confiabilidade e AVE para avaliar a validade convergente. Alguns itens com cargas fatoriais menores que 0,500 foram excluídos para manter a melhor estimativa dos parâmetros CR e AVE (Hair et al., 2014). Nos fatores psicossociais, itens relacionados a conflito ou hostilidade foram excluídos do fator Suporte do supervisor ('Estou exposto a conflito ou hostilidade do meu supervisor') e Suporte do colega de trabalho ('Estou exposto a hostilidade ou conflito das pessoas com quem trabalho'). Situações de conflito dessa natureza geralmente permanecem suprimidas devido ao desconforto associado ao tópico e à tendência dos indivíduos de evitar relembrar situações que já superaram. Outros itens excluídos podem ter conteúdo abrangente com base em Satisfação no trabalho ('Estou satisfeito com as condições físicas de trabalho') e Fatores de recompensa ('Sou tratado injustamente no trabalho', 'Minhas perspectivas de promoção no trabalho são ruins' e 'Eu passei ou espero passar por uma mudança indesejável na minha situação de trabalho').

Em relação às dimensões de QVT, foram excluídos os itens sobre Condições do local de trabalho ('Estou satisfeito com minha jornada semanal de trabalho', 'Utilizo tecnologia em minhas tarefas' e 'Sinto-me cansado no trabalho'), Uso e desenvolvimento de capacidades ('Tenho autonomia para modificar a maneira como meu trabalho é realizado', 'Posso desempenhar diversas funções em meu trabalho' e 'Estou satisfeito com a importância de minha tarefa'), Integração social na organização ('Sofro discriminação - social, racial, sexual, religiosa e outras' e 'Minhas ideias, sugestões e iniciativas são valorizadas') e Constitucionalismo ('Tenho liberdade de expressão para opinar sobre problemas relacionados à sua atividade'). A similaridade desses itens com outros itens dos questionários e o espaço de vida total foi excluído, pois tinha uma carga menor que 0,500. Embora estes questionários sejam válidos em português, o conteúdo coberto apenas às vezes reflete as relações de trabalho nos países em desenvolvimento. Karanikas et al. (2024) destacam a necessidade de novos instrumentos que considerem as características específicas dos locais estudados.

A Tabela 2 apresenta os valores das cargas fatoriais, CR, AVE e VIF a exclusão dos itens. É possível verificar que os parâmetros CR variaram entre 0,709 e 0,935. Portanto, eles apresentaram valores maior que 0,700 para os traços latentes de primeira e segunda ordem, indicando boa confiabilidade (Hair Jr et al., 2014). Da mesma forma, todos os valores de AVE variaram entre 0,505 e 0,759. Assim, os valores foram mais significativos do que 0,500 para os traços latentes de primeira e segunda ordem (Henseler, 2020), sugerindo validade convergente.

O fator de inflação de valores de variância (VIF) variou entre 1,185 e 3,172. Consequentemente, nenhum valor VIF > 3,3, indicando ausência de multicolinearidade (Lindner et al., 2020) e Problemas de Variância do Método Comum (CMV) para o modelo (Kock e Lynn, 2012). A validade discriminante foi assegurada pelo método Heterotrait-Monotrait (HTMT) correlação de razão para o modelo de medição (Tabela 3), em que todos os valores foram inferiores a 0,850 (Hair Jr et al., 2014). Validade também foi assegurada ao nível do item, como a análise de carga cruzada indicou que os itens apresentam maiores valores de carga em suas respectivas dimensões (Tabela 4). Portanto, os aspectos de mensuração apresentados parâmetros satisfatórios para os traços latentes avaliados.

Tabela 1 Caracterização das respostas.

Construir	$\bar{x}$ (sd)	n (%)
Fatores sociodemográficos		
Idade (em anos)	37,49 (10,46)	
Menos de 40 anos		237 (56,43)
Mais de 40 anos		183 (43,57)
IMC (em Kg/m ²)	21,33 (2,50)	
Peso normal		227 (54,05)
Sobrepeso		135 (32,14)
Obeso		58 (13,81)
Realiza atividades físicas (por semana)	1,73 (1,98)	
Nenhum dia		201 (47,86)
Até três dias		137 (32,62)
Mais de três dias		82 (19,52)
Sexo		
Macho		116 (27,62)
Fêmea		304 (72,38)
Tipo de relação de emprego		
Agente público		290 (69,05)
Trabalhador do setor privado		130 (30,95)
Fatores biomecânicos		
Tempo prolongado de trabalho em pé (em horas)	6,48 (4,20)	
Raro (<1 h por dia)		14 (3,33)
Frequentemente (1–6 h por dia)		163 (38,81)
Permanente (>6 h por dia)		243 (57,86)
Má posição do membro superior (em horas)	2,04 (2,72)	
Raro (<1 h por dia)		243 (57,86)
Frequentemente (1–6 h por dia)		126 (30,00)
Permanente (>6 h por dia)		51 (12,14)
Elevação excessiva de carga (em horas)	2,61 (3,13)	
Raro (<1 h por dia)		235 (55,95)
Frequentemente (1–6 h por dia)		133 (31,67)
Permanente (>6 h por dia)		52 (12,38)
Má posição do tronco (em horas)	2,02 (2,60)	
Raro (<1 h por dia)		240 (57,14)
Frequentemente (1–6 h por dia)		143 (34,05)
Permanente (>6 h por dia)		37 (8,81)
Fatores Organizacionais		
Trabalhando com prazos apertados	2,71 (1,27)	
Nunca		111 (26,42)
Raramente		44 (10,48)
Às vezes		161 (38,33)
Muitas vezes		65 (15,48)
Sempre		39 (9,29)
Baixa estimulação do trabalho em equipe	3,72 (0,99)	
Nunca		21 (5,00)
Raramente		21 (5,00)
Às vezes		93 (22,14)
Muitas vezes		205 (48,81)
Sempre		80 (19,05)
Trabalho monótono	2,22 (1,06)	
Nunca		149 (35,48)
Raramente		66 (15,71)
Às vezes		183 (43,57)
Muitas vezes		8 (1,90)
Sempre		14 (3,33)
Fatores psicossociais		
Significado do trabalho	4,34 (1,16)	
Apoio de supervisores	3,49 (1,33)	
Apoio de colegas de trabalho	3,62 (1,21)	
Recompensa	3,80 (1,21)	
Satisfação no trabalho	3,60 (1,23)	
Qualidade de Vida no Trabalho (QVT)		
Condições do local de trabalho	3,37 (1,38)	
Utilização e desenvolvimento de capacidades	3,58 (1,28)	
Integração social na organização	3,77 (1,16)	
Constitucionalismo	3,37 (1,26)	
Relevância social do trabalho na vida	3,95 (1,07)	
Compensação justa e apropriada	2,29 (1,29)	
Chance de crescimento e segurança	2,97 (1,43)	
	3,18 (1,35)	

4.3. Avaliação do modelo estrutural

A Tabela 5 apresenta a validade discriminante do modelo estrutural. Portanto, verificou-se a validade discriminante, uma vez que a raiz quadrada os valores do AVE (presentes na diagonal da tabela) são mais significativos do que os valores de correlação entre quaisquer outros traços latentes (Fornell e Larcker, 1981).

O modelo estrutural (Tabela 6) foi avaliado pela análise do efeito tamanho, R² ajustado e VIF. Os valores de R² ajustado variaram de 0,202 a 0,466, sugerindo que os fatores apresentaram alto grau de explicação com excelente adequação. A exceção foram as exigências físicas do trabalho fator (R² -ajustado = 0,202), que ofereceu um grau médio de explicação. A ausência de outros fatores biomecânicos, como a repetição movimentos e posturas inadequadas dos membros inferiores podem ter reduzido o grau de explicação do fator demandas físicas do trabalho. Os valores de F² variaram entre 0,085 e 0,583. Assim, apenas o fator QVT (F² = 0,583) apresentou alto efeito no modelo. De qualquer forma, as associações entre cada preditor e desfecho indicaram alguma força, com impacto real (Hair et al., 2014). Os valores de VIF ficaram abaixo de 3,3, garantindo a ausência de multicolinearidade (Lindner et al., 2020).

4.4. Testando as hipóteses

Após avaliar o modelo estrutural, o método bootstrapping com 5000 subamostras testaram-se as hipóteses. Examinamos os valores dos coeficientes usando um teste unicaudal, com um nível de significância de 5%. (Streuken e Leroi-Werelds, 2016). A Figura 3 resume os coeficientes resultados e os valores de p das relações ou hipóteses testadas.

A Tabela 7 apresenta os principais resultados da análise de trajetória e da hipóteses testadas. Quanto aos fatores biomecânicos, apenas o fator de má posturas dos membros superiores em posição desconfortável atuaram isoladamente o desconforto musculoesquelético vivenciado pelos trabalhadores (H1d: $\hat{\gamma}$ = 0,158; valor de p = 0,001). Por outro lado, outros fatores biomecânicos aumentou a percepção das exigências físicas do trabalho. Assim, cargas excessivas elevação (H1e: $\hat{\gamma}$ = 0,223; valor de p = 0,000), tempo de trabalho prolongado em pé (H1f: $\hat{\gamma}$ = 0,264; valor de p = 0,000), adoção de tronco pobre posturas inadequadas (H1g: $\hat{\gamma}$ = 0,149; p-valor = 0,002) e posturas inadequadas de membros superiores (H1h: $\hat{\gamma}$ = 0,145; p- valor = 0,005) aumentaram a percepção de exigências físicas do trabalho dos trabalhadores. Outra relação significativa entre a percepção das exigências físicas do trabalho e as condições musculoesqueléticas desconforto é observado (H1i: $\hat{\gamma}$ = 0,200; valor de p = 0,000). Alguns fatores biomecânicos estão relacionados ao aumento da percepção dos trabalhadores sobre as demandas físicas do trabalho, agindo por meio dessas demandas e aumentando indiretamente o desconforto musculoesquelético. Ao analisar os efeitos indiretos, o tempo prolongado trabalhando em pé levou à dor musculoesquelética devido às demandas físicas do trabalho ($\hat{\gamma}$ = 0,053; p-valor = 0,000). Da mesma forma, as demandas físicas do trabalho, a má postura do tronco, o levantamento excessivo de carga e a má postura dos membros superiores impactaram o desconforto musculoesquelético com valores significativos (p- valor < 0,05). A influência indireta dos fatores biomecânicos na QVT foi mínima, com valores próximos à significância estatística ($\hat{\gamma}$ = 0,05). No entanto, os fatores 'tempo prolongado trabalhando em pé' e 'levantamento excessivo de carga' apresentaram valores significativos para essa relação (p-valor < 0,05). As exigências físicas do trabalho não tiveram impacto direto na QVT (H1j: $\hat{\gamma}$ = 0,011; p-valor = 0,769), mas tiveram efeito prejudicial ao reduzir a atenuação do estresse decorrente de boas condições psicossociais de trabalho (H1k: $\hat{\gamma}$ = 0,195; p-valor = 0,000).

A atenuação do estresse por meio de boas condições psicossociais reduziu o desconforto musculoesquelético (H2a: $\hat{\gamma}$ = 0,320; valor de p = 0,000) e aumentou diretamente a QVT (H2b: $\hat{\gamma}$ = 0,626; valor de p = 0,000). No entanto, fatores organizacionais como trabalhar com prazos apertados (H3a: $\hat{\gamma}$ = 0,111; valor de p = 0,014), baixa estimulação do trabalho em equipe (H3b: $\hat{\gamma}$ = 0,200; valor de p = 0,000) e trabalho monótono (H3c: $\hat{\gamma}$ = 0,321; valor de p = 0,000) reduziram diretamente a atenuação do estresse devido às boas condições psicossociais. Indiretamente, ao alterar a percepção do estresse, os três fatores organizacionais aumentaram a percepção do desconforto musculoesquelético causado pelos sintomas de DORT (valor de p < 0,05).

Além disso, com exceção do fator 'Trabalhar com prazos apertados', os demais fatores organizacionais reduziram a QVT indiretamente (p -valor < 0,05), ou seja, alterando a percepção de estresse, o que, por sua vez, impacta no desconforto musculoesquelético. Por fim, o desconforto musculoesquelético reduziu diretamente a percepção de QVT dos trabalhadores (H4: $\hat{\gamma}$ = $\hat{\gamma}$ 0,123; p-valor = 0,002). Dessa forma, a maioria das hipóteses foi confirmada, verificando o real impacto dos fatores direta ou indiretamente.

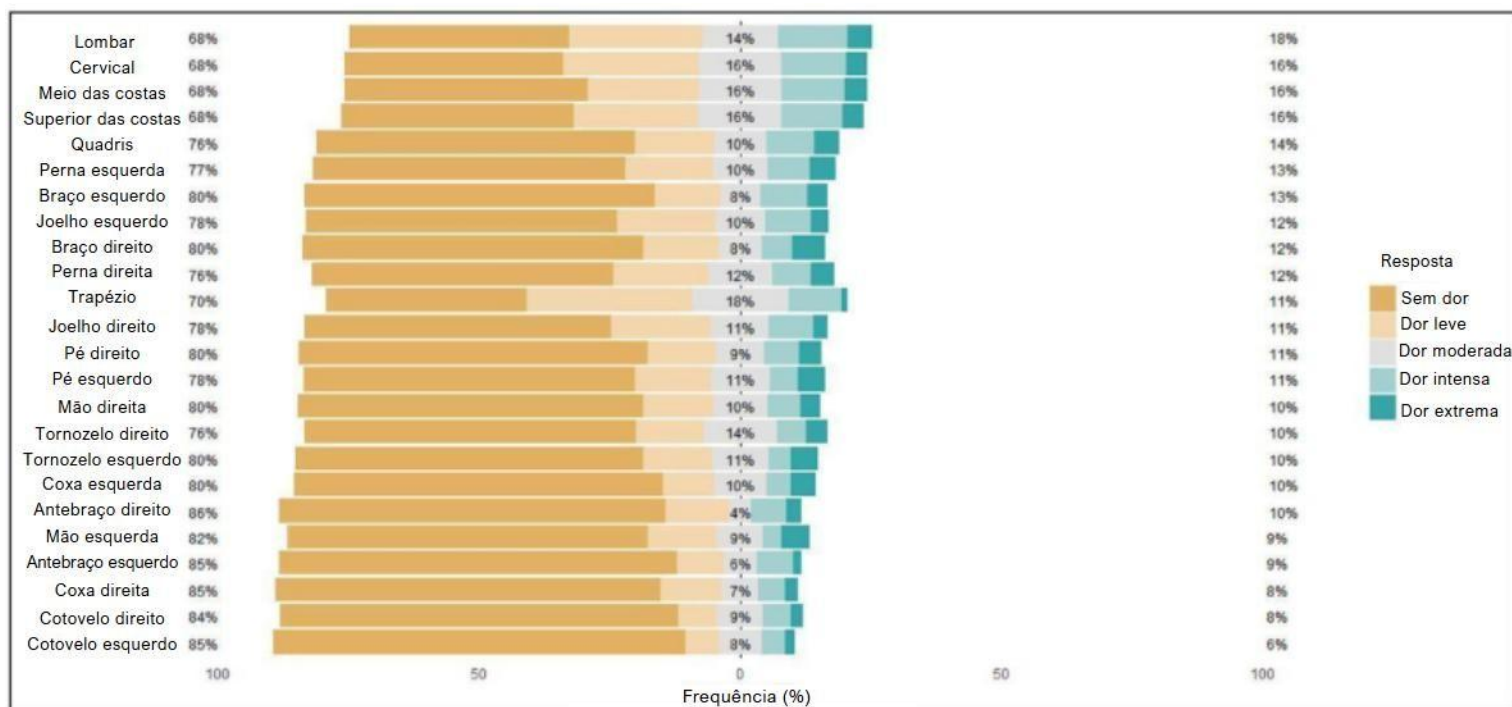


Fig. 2. Frequência de sintomas de DORT autorrelatados.

4.5. Verificações de robustez

Termos quadráticos foram adicionados ao modelo estrutural para garantir a não linearidade (ver Apêndice A1). Assim, as pontuações das variáveis latentes extraídas do modelo e os termos quadráticos foram usados como variáveis independentes para explicar as pontuações das variáveis endógenas (Tama et al., 2023). Nenhum dos efeitos quadráticos é significativo, indicando que não há relações não lineares entre os traços latentes do modelo estrutural. Foi verificada a ausência de normalidade nos dados (p -valor $< 0,05$ no teste de Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors), o que permitiu verificar a ausência de endogeneidade através da abordagem de cópula gaussiana (Park e Gupta, 2012) (Apêndice A2). Nenhuma das combinações de cópulas apresentou valores significativos (p -valor $< 0,05$), indicando ausência de problemas de endogeneidade no modelo estrutural.

O resultado da mistura finita não encontrou entropia maior que 0,50 para duas e três segmentações (Apêndice A3), indicando a ausência de problemas de heterogeneidade não observados no modelo (Lim et al., 2021). Embora o modelo com duas segmentações tenha apresentado valores menores de AIC3 e CAIC, indicando um bom número de segmentação para a amostra (Hair et al., 2016), os valores de entropia não são maiores que 0,50, o que significa que pode não haver uma classificação precisa dos dados em alguns segmentos (Ringle et al., 2010). Portanto, a análise de segmentos deve ocorrer quando a entropia for mais significativa que 0,50 (Hair et al., 2016). Dessa forma, o modelo atende a todas as suposições de robustez especificadas.

5. Discussão

Este estudo teve como objetivo investigar os fatores de risco que levam aos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) e seu impacto na qualidade de vida no trabalho (QVT) dos trabalhadores de uma região de baixa renda do Brasil. Ao explorar a relação desses três aspectos em um modelo holístico, foi possível quantificar a influência direta e indireta usando o método PLS-SEM, o que tornou possível investigar as complexas relações causais dos modelos formativo e reflexivo. O modelo testado mostrou-se confiável e válido. Parâmetros psicométricos adequados foram obtidos no modelo de mensuração após testes de confiabilidade dos dados, validade convergente e discriminante, validação cruzada e multicolinearidade. No modelo estrutural, testamos a relação entre as variáveis usando parâmetros apropriados, como R^2 , f^2 ajustado e VIF interno. O modelo também não apresentou problemas de não linearidade, endogeneidade e heterogeneidade não observada. Assim, testes robustos garantiram que o modelo, pudesse mensurar e relacionar os fatores com viés mínimo.

Os resultados revelaram que as demandas físicas do trabalho, a necessidade de manter uma postura inadequada dos membros superiores e o estresse influenciam diretamente no desconforto musculoesquelético. Estudos anteriores associaram condições de trabalho que geram maiores demandas físicas com uma alta prevalência de distúrbios musculoesqueléticos em diferentes setores, como enfermeiros (Long et al., 2012; Schall Jr. et al., 2016; Du et al., 2021), escritórios (Maakip et al., 2016).

Operadores industriais (Ijaz et al., 2020), agricultores (Thetkathuek et al., 2018) e professores (Yue et al., 2014). Uma investigação sobre QVT descobriu que fatores relacionados às exigências físicas estão mais fortemente ligados à dor nos membros superiores (Dick et al., 2020). Os estudos de de Souza et al. (2021), Ijaz et al. (2020) e Thetkathuek et al. (2018) indicou que a realização de atividades que resultem em uma posição desconfortável dos membros superiores pode causar distúrbios musculoesqueléticos na parte superior membros. Esses resultados corroboram os achados deste artigo. Vale a pena destacando que esses achados são relevantes devido a algumas características da região, como a escassez de recursos financeiros, humanos e tecnológicos que contribuem para condições de trabalho inadequadas (de Souza et al., 2021; Bispo et al., 2022). Esses estudos indicam que a escassez de recursos resulta em ambientes de trabalho precários caracterizados pela uso de ferramentas e máquinas velhas, mal conservadas e improvisadas, como bem como a ausência de cuidados primários, como avaliações de risco ocupacional. Além disso, fatores econômicos e sociais, como alta informalidade emprego e analfabetismo, contribuem para a vulnerabilidade social. Assim, em resumo: (1) a falta de recursos financeiros resulta em medidas inadequadas infra-estrutura, falta de disponibilidade de equipamentos de proteção coletiva e individual equipamentos e manutenção ineficiente de máquinas e equipamentos; (2) a escassez de recursos humanos leva à formação insuficiente, esgotamento jornada de trabalho, sobrecarga de tarefas e desrespeito aos direitos trabalhistas e regulamentos de saúde e segurança; e (3) a falta de recursos tecnológicos torna o trabalho fisicamente exigente, manual e repetitivo, com a presença de máquinas e equipamentos sem sensores e alertas de segurança que poderiam prevenir acidentes e doenças (de Souza et al., 2021; Bispo e outros, 2022; Machado et al., 2023; Lanzara e Castro, 2024).

Altos níveis de estresse negativo estão associados a uma maior probabilidade de sintomas musculoesqueléticos (Vargas-Prada e Coggon, 2015; Silva et al., 2017). No entanto, este estudo procurou compreender como boas condições psicossociais podem atenuar os efeitos do estresse e como tais mitigação tem implicações para DORT e QVT. Portanto, buscamos observar o efeito indireto e combinado da satisfação no trabalho, o significado do trabalho, recompensa e apoio de supervisores e colegas de trabalho como fatores de proteção de DORT, considerando que tais fatores psicossociais são componentes do estresse psicossocial.

Tabela 2

Resultados do modelo de medição.

Construir	Item código	Exterior carregamentos	valor p	VIF
Significado do trabalho (MW) (CR = 0,824; AVE = 0,614; VIF = 1,502)	Q1	0,615	0,000	1,185
	Q2	0,877	0,000	2,023
Apoio de supervisores (SS) (CR = 0,836; AVE = 0,562; VIF = 1,345)	Q3	0,834	0,000	1,774
	Q4	0,805	0,000	1,722
	Q5	0,748	0,000	1,681
	Q6	0,642	0,000	1,383
	Q7	0,793	0,000	1,852
Apoio de colegas de trabalho (SC) (CR = 0,836; AVE = 0,505; VIF = 1,222)	Q8	0,679	0,000	1,467
	Q9	0,666	0,000	1,592
	Q10	0,715	0,000	1,504
	Q11	0,766	0,000	1,935
	Q12	0,723	0,000	1,605
Recompensa (RE) (CR = 0,836; AVE = 0,630; VIF = 1,834)	Q13	0,762	0,000	1,556
	Q14	0,844	0,000	1,777
Satisfação no trabalho (JS) (RC = 0,796; AVE = 0,567; VIF = 1,679)	Q15	0,772	0,000	1,710
	Q16	0,693	0,000	1,408
	Q17	0,736	0,000	1,539
Exigências físicas do trabalho (PJD) (RC = 0,816; VEM = 0,527; VIF = 1,328)	Q18	0,825	0,000	1,804
	Q19	0,726	0,000	1,288
	Q20	0,587	0,000	1,283
	Q21	0,832	0,000	1,608
	Q22	0,738	0,000	1,405
Condições do local de trabalho (WC) (CR = 0,832; AVE = 0,623; VIF = 1,901)	Q23	0,785	0,000	1,609
	Q24	0,786	0,000	1,629
Utilização e desenvolvimento de capacidades (CDU) (RC = 0,709; AVE = 0,565; VIF = 1,745)	Q25	0,797	0,000	1,592
	Q26	0,543	0,000	1,186
	Q27	0,914	0,000	1,547
Integração social na organização (SIO) (RC = 0,833; AVE = 0,714; VIF = 1,801)	Q28	0,846	0,000	1,579
	Q29	0,844	0,000	1,602
Constitucionalismo (CON) (CR = 0,782; AVE = 0,642; VIF = 1,966)	Q30	0,792	0,000	1,553
	Q31	0,811	0,000	1,305
Relevância social do trabalho na vida (SRW) (CR = 0,860; AVE = 0,552; VIF = 2,101)	Q32	0,775	0,000	1,974
	Q33	0,806	0,000	2,229
	Q34	0,753	0,000	1,837
Desconforto no tronco (DT) (CR = 0,884; AVE = 0,560; VIF = 2,442)	Q35	0,702	0,000	1,510
	Q36	0,670	0,000	1,558
	TD1	0,735	0,000	2,034
	TD2	0,755	0,000	1,726
	TD3	0,801	0,000	2,031
Desconforto nos membros superiores (DMS) (CR = 0,935; AVE = 0,590; VIF = 2,632)	TD4	0,704	0,000	1,922
	TD5	0,756	0,000	1,961
	ULD1	0,700	0,000	2,218
	ULD2	0,690	0,000	2,181
	ULD3	0,832	0,000	3,172
Desconforto nos membros inferiores (DLI) (CR = 0,918; AVE = 0,527; VIF = 2,674)	ULD4	0,788	0,000	2,728
	ULD5	0,799	0,000	2,966
	ULD6	0,760	0,000	2,533
	ULD7	0,809	0,000	2,677
	ULD8	0,779	0,000	2,475
	ULD9	0,759	0,000	2,358
	ULD10	0,755	0,000	2,380
	LLD1	0,735	0,000	1,550
	LLD2	0,694	0,000	2,400
	LLD3	0,715	0,000	2,307
	LLD4	0,713	0,000	2,071
	LLD5	0,670	0,000	2,207

Tabela 2 (Continuação)

Construir	Item código	Exterior carregamentos	valor p	VIF
Construção de segunda ordem	LLD6	0,748	0,000	2,301
	LLD7	0,744	0,000	2,351
	LLD8	0,772	0,000	2,573
	LLD9	0,785	0,000	2,557
	LLD10	0,713	0,000	2,782
	LLD11	0,697	0,000	2,414
Estresse Psicossocial (EP) (CR = 0,852; AVE = 0,537; VIF = 1,025)	RE	0,769	0,000	1,000
	JS	0,731	0,000	1,000
Desconforto musculoesquelético (MSD) TD (CR = 0,904; AVE = 0,759; VIF = 1,317)	MW	0,638	0,000	1,000
	SC	0,819	0,000	1,000
	SS	0,695	0,000	1,000
	TD	0,779	0,000	1,000
	(DUP)	0,896	0,000	1,000
Qualidade de vida no trabalho (QVT) (RC = 0,828; AVE = 0,553; VIF = 1,303)	LLD	0,932	0,000	1,000
	WC	0,692	0,000	1,000
	CON	0,635	0,000	1,000
	SIO	0,777	0,000	1,000
	RSW	0,910	0,000	1,000
	CDU	0,615	0,000	1,000

Legenda: MW – Significado do trabalho; TD – Desconforto no tronco; MMSS – Membros superiores desconforto; LLD – Desconforto nos membros inferiores; WC – Condições do local de trabalho; UDC – Utilização e desenvolvimento de capacidades; SIO – Integração social na organização; CON – Constitucionalismo; SRW – Relevância social do trabalho na vida; PJD – Exigências físicas do trabalho; SS – Apoio de supervisores; SC – Apoio de colegas de trabalho; RE – Recompensa; JS – Satisfação no trabalho; MD – Desconforto musculoesquelético; PS – Estresse Psicossocial; QVT – Qualidade de vida no trabalho.

A presença desses fatores psicossociais já foi associada a uma maior chance de DORT (Darsenal, 2019; Rathee, 2020; Bispo et al., 2022). No entanto, esses estudos consideraram que os fatores psicossociais atuavam diretamente sobre os DORT, o que é impreciso. Os achados de Rodin et al. (2020), Soust et al. (2011) e Narimentis et al. (2024) também forneceram evidências de que o efeito dos fatores psicossociais é indireto, atuando sobre os DORT por meio do estresse em regiões do corpo, como ombros, costas e membros inferiores. Este artigo expande esses achados, observando que essa relação ocorre geralmente em todas as partes do corpo, considerando que a ação do estresse não ocorre necessariamente em partes específicas do corpo. Vale destacar que este foi o primeiro estudo que observou o efeito em cadeia desses fatores, não se limitando a verificar o impacto do estresse nos DORT, mas também a consequência deste na redução da QVT.

Os resultados mostraram que fatores organizacionais e as exigências físicas do trabalho impactam diretamente o efeito mitigador de boas condições psicossociais sobre o estresse. Portanto, condições de trabalho inadequadas, trabalho monótono, prazos apertados e baixo estímulo ao trabalho em equipe aumentam a percepção de estresse. Marcatto et al. (2016) descobriram que características como alta carga de trabalho e pressão de tempo, baixo apoio social e desequilíbrio de papéis estão associadas ao aumento da dor e do estresse. O estudo de Souza et al. (2001) também mostrou que as exigências físicas do trabalho reduzem diretamente os fatores que mitigam o estresse psicossocial. Quando submetidos a altas exigências físicas, os trabalhadores correm maior risco de piorar o bem-estar devido à exaustão emocional e queixas físicas (De Jonge et al., 2000). Esses resultados são preocupantes devido às características das condições de trabalho enfrentadas pelos trabalhadores em regiões mais pobres de países em desenvolvimento, como o Brasil (Acimento et al., 2024; da Silva et al., 2022; Bispo et al., 2023), nas quais a presença de barreiras organizacionais e altos índices de desemprego são fatores importantes.

Tabela 3

Resultado da validade discriminante usando a correlação da razão HTMT.

Construir	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 WC													
2 CON	0,756												
3 PJD	0,163	0,275											
4 TD	0,399	0,415	0,281										
5 LLD	0,209	0,328	0,359	0,651									
6 ULD	0,315	0,379	0,295	0,731	0,786								
7 SIO	0,555	0,758	0,293	0,341	0,402	0,395							
8 RE	0,358	0,635	0,198	0,259	0,272	0,277	0,774						
9 SRW	0,596	0,823	0,283	0,309	0,352	0,378	0,942	0,645					
10 JS	0,439	0,599	0,264	0,367	0,364	0,461	0,593	0,696	0,706				
11 MW	0,231	0,367	0,297	0,308	0,517	0,442	0,613	0,489	0,621	0,704			
12 SC	0,382	0,687	0,279	0,412	0,378	0,411	0,661	0,810	0,675	0,663	0,460		
13 SS	0,408	0,579	0,229	0,276	0,206	0,234	0,454	0,563	0,583	0,555	0,423	0,568	
14 UDC	0,837	0,558	0,264	0,373	0,414	0,379	0,839	0,559	0,843	0,654	0,585	0,534	0,468

Legenda: MW - Significado do trabalho; TD - Desconforto no tronco; ULD - Desconforto nos membros superiores; LLD - Desconforto nos membros inferiores; WC - Condições do local de trabalho; UDC - Uso e desenvolvimento de capacidades; SIO - Integração social na organização; CON - Constitucionalismo; SRW - Relevância social do trabalho na vida; PJD - Trabalho físico demandas; SS - Apoio de supervisores; SC - Apoio de colegas de trabalho; RE - Recompensa; JS - Satisfação no trabalho.

A presença de atividades fisicamente exigentes ocorre todos os dias. Há uma extensa literatura sobre a influência de fatores biomecânicos nos sintomas de DORT (Gholm e Holmitröm, 2005; Ribeiro et al., 2012; Widmarks et al., 2014; Zare et al, 2015; Thettathuek e Meepradit, 2018, Bodin et al., 2000; de Souza et al, 2021); no entanto, ficou evidente que alguns dos fatores biomecânicos, como o levantamento excessivo de carga, tempo prolongado de trabalho em pé e má postura do tronco, não foram significativos na influência direta dos sintomas de DORT quando as demandas físicas do trabalho foram incluídas como um fator mediador no modelo. Assim, ficou claro que fatores biomecânicos podem atuar indiretamente no desenvolvimento de DORT, aumentando as demandas físicas do trabalho. Essa suposição foi testada considerando que o cenário em que tais fatores atuam isoladamente sobre os DORT é improvável. Portanto, teorizou-se que fatores biomecânicos atuam sobre os DORT, modificando as percepções dos trabalhadores sobre as demandas físicas do trabalho que vivenciam. As demandas físicas do trabalho, que são impactadas pelos fatores biomecânicos, contribuem diretamente para os sintomas de DORT. A maioria dos estudos considerou a ação de fatores biomecânicos diretamente sobre os DORT.

O estudo de Yang et al. (2023), por exemplo, aponta que condições adversas, como postura inadequada, levantamento de peso e trabalho monótono, aumentam diretamente o risco de sintomas musculoesqueléticos. Outras pesquisas indicam uma associação direta entre atividades repetitivas prolongadas e dor nos membros inferiores (Capodaglin, 2017, Rathore et al., 2030). No entanto, os pesquisadores utilizaram regressão logística multivariada, considerando que todos os fatores sempre atuam diretamente sobre DORT. Alguns autores já consideraram que fatores biomecânicos específicos também poderiam afetar indiretamente DORT (Nascimento et al. 2024), enquanto outros acreditavam que as demandas físicas do trabalho poderiam mediar entre fatores biomecânicos e sintomas de DORT (de Souza 2021). Portanto, este estudo restabelece tal cenário em um único modelo holístico. Os resultados sugerem que os fatores biomecânicos afetam indiretamente DORT, mediados pelas demandas físicas do trabalho. Vale destacar que o fator biomecânico relacionado à necessidade de manter a posição inadequada do membro superior atuou sobre os sintomas de DORT indiretamente (0,145; p-valor-0,005), por meio das exigências físicas do trabalho, mas também diretamente (-0,15; p-valor-0,001). Portanto, estudos futuros podem explorar essa propriedade dos fatores mecânicos, testando seu efeito direto e indireto sobre os DORT.

Este é o primeiro estudo que verificou, no mesmo modelo, o impacto na QVT dos trabalhadores devido à ação de fatores de risco e sintomas de DORT. Os resultados mostraram que os sintomas de DORT e o estresse atuam diretamente na QVT. Além disso, as exigências físicas do trabalho não têm impacto direto na QVT. É senso comum que a presença de fatores que prejudicam as excelentes condições do ambiente de trabalho aumenta a percepção de estresse e afeta negativamente a QVT (Bergman et al., 2021, Zaghini et al 2020), resultando em redução do tempo de descanso, lazer e aspectos do trabalho dos trabalhadores (Stacalus et al 2021). Autores como Cecere et al. (2023) observaram que trabalhadores com altos níveis de estresse eram mais propensos a ter pior QVT. No entanto, este estudo avalia a atenuação do estresse a partir de boas condições psicossociais, sugerindo um aumento nos níveis de QVT. Portanto, ficou evidente que boas condições de estresse melhoram a percepção dos trabalhadores sobre a QVT. Assim, Cecere et al. (2023) descobriram que trabalhadores

com altos níveis de estresse eram mais propensos a ter uma pior qualidade de vida no trabalho, pois níveis elevados de estresse levam a níveis mais altos de exaustão emocional e despersonalização, impactando negativamente a qualidade de vida dos trabalhadores. Berges tal (2023) observou que o esgotamento emocional e a despersonalização afetam todos os domínios relacionados à qualidade de vida no trabalho e podem evoluir para condições como a Síndrome de Burnout, que resulta da exposição prolongada a estressores relacionados ao trabalho, entre outros fatores.

Em relação às demandas físicas do trabalho, o impacto direto desse fator na QVT não foi considerado significativo. Uma carga de trabalho elevada é inversa à QVT (Balanohamadi et al., 2023). Embora as demandas físicas sejam componentes da carga de trabalho, o efeito do fator demanda física do trabalho na QVT não foi testado isoladamente neste estudo anterior. Em consonância com os achados deste estudo, Gharagprio et al. (2070) não observaram relação entre a QVT geral e as demandas físicas. Portanto, este estudo sugere que as exigências físicas do trabalho impactam a QVT ao contribuir para o desenvolvimento de sintomas de DORT ($\hat{\gamma} = 0,200$; valor de $p = 0,000$) e não diretamente. Outra relação essencial testada foi a efeito direto dos sintomas de DORT na QVT. Autores como Jimenez-Arberas e Diez (2022) sugerem que os sintomas de DORT promovem uma redução na QVT relacionada à saúde. No entanto, pouca literatura realiza procedimentos matemáticos para relacionar os sintomas de DORT com os dimensões associadas à QVT. A maioria dos estudos adota que uma diminuição na A QVT é uma consequência natural dos DORTs (Dick et al., 2020). Embora a relação entre DORT e redução da QVT é esperada, vários estudos perdem a oportunidade de medir o tamanho deste efeito. Para por exemplo, pouco se sabe sobre a relação entre fatores específicos e sintomas isolados de DORT e sintomas múltiplos na QVT. Asghari et al. (2019) constataram, utilizando um modelo univariado, que existe uma relação entre os sintomas de DORT nos joelhos e pés e a pontuação total da QVT. Em nosso estudo, essa relação não foi analisada considerando regiões corporais específicas, mas a totalidade dos sintomas de DORT em diferentes regiões corporais. Eles verificaram que o aumento do desconforto musculoesquelético causado pelos sintomas de DORT reduziu significativamente a percepção dos respondentes sobre a QVT total (-0,124; valor de $p = 0,002$).

5.1 Implicações teóricas e aplicações práticas

A redução do número de casos de DORT e o aumento da qualidade de vida são objetivos essenciais para que as empresas alcancem a sustentabilidade plenamente (Westgaard e Winkel, 2011; Dekker et al., 2013), visto que os sistemas de gestão integrados (Barbosa et al., 2021) e a integração de critérios ambientais, sociais e de governança (ASG) (Barbosa et al., 2024) envolvem o cuidado integral com aspectos de saúde e segurança ocupaciona. É possível presumir que tais objetivos serão alcançados com a compreensão dos mecanismos de ação relacionados aos fatores de risco biomecânicos, organizacionais e psicossociais (Leite et al., 2021; Bispo et al., 2022; Nascimento et al., 2024). Os resultados deste estudo fornecem evidências empíricas para uma melhor compreensão da relação complexa e multifatorial entre fatores de risco ocupacionais, sintomas de DORT e QVT.

Tabela 4

Resultado do teste de validação cruzada.

Item	MW	TD	ULD	LLD	WK	UDS	SIO	CON	SRW	PJD	SS	SC	RE	JS
Q1	0,615	-0,045	-0,100	-0,138	0,058	0,123	0,208	0,071	0,239	-0,163	0,186	0,129	0,241	0,221
Q2	0,877	-0,229	-0,403	-0,433	0,164	0,319	0,401	0,162	0,438	-0,192	0,240	0,341	0,319	0,419
Q3	0,834	-0,275	-0,324	-0,377	0,148	0,234	0,310	0,230	0,415	-0,156	0,302	0,310	0,234	0,445
TD1	0,180	0,735	0,542	0,414	-0,257	-0,210	-0,210	-0,222	-0,230	0,097	-0,143	-0,235	-0,203	-0,270
TD2	-0,193	0,755	0,510	0,488	-0,321	-0,163	-0,209	-0,295	-0,229	0,152	-0,192	-0,271	-0,132	-0,255
TD3	-0,150	0,801	0,476	0,390	-0,262	-0,139	-0,135	-0,163	-0,148	0,163	-0,203	-0,225	-0,164	-0,181
TD4	-0,103	0,704	0,362	0,320	-0,074	-0,047	-0,076	-0,066	-0,050	0,185	-0,124	-0,149	-0,043	-0,091
TD5	-0,166	0,756	0,407	0,393	-0,183	-0,120	-0,159	-0,094	-0,154	0,203	-0,115	-0,230	-0,119	-0,130
ULD1	-0,186	0,507	0,700	0,461	-0,077	-0,110	-0,185	-0,144	-0,157	0,224	-0,138	-0,199	-0,094	-0,230
ULD2	-0,105	0,552	0,690	0,419	-0,170	-0,127	-0,147	-0,163	-0,155	0,137	-0,112	-0,195	-0,068	-0,245
ULD3	0,393	0,566	0,832	0,558	0,293	0,166	-0,145	-0,241	-0,197	0,210	-0,187	-0,292	-0,144	-0,338
ULD4	-0,243	0,553	0,788	0,563	-0,158	-0,136	-0,195	-0,170	-0,208	0,227	-0,148	-0,264	-0,105	-0,216
ULD5	-0,458	0,488	0,799	0,612	-0,227	-0,195	-0,364	-0,188	-0,344	0,217	-0,180	-0,313	-0,288	-0,323
ULD6	-0,331	0,483	0,760	0,573	-0,230	-0,234	-0,258	-0,269	-0,249	0,193	-0,150	-0,237	-0,235	-0,284
ULD7	-0,324	0,480	0,809	0,615	-0,183	-0,095	-0,197	-0,199	-0,248	0,215	-0,155	-0,303	-0,185	-0,296
ULD8	-0,327	0,443	0,779	0,588	-0,185	-0,169	-0,191	-0,205	-0,247	0,181	-0,156	-0,262	-0,171	-0,243
ULD9	-0,241	0,507	0,759	0,565	-0,279	-0,202	-0,238	-0,187	-0,207	0,169	-0,144	-0,274	-0,241	-0,276
ULD10	-0,247	0,470	0,755	0,545	0,312	-0,204	-0,189	-0,240	-0,144	0,227	-0,159	-0,300	-0,174	-0,254
LLD1	-0,305	0,548	0,589	0,735	-0,280	-0,207	-0,300	-0,303	-0,284	0,211	-0,210	-0,364	-0,217	-0,275
LLD2	-0,363	0,425	0,511	0,694	-0,145	-0,196	-0,246	-0,091	-0,292	0,141	-0,122	-0,312	-0,170	-0,225
LLD3	-0,420	0,365	0,533	0,715	-0,182	-0,290	-0,328	-0,243	-0,404	0,205	-0,101	-0,334	-0,290	-0,311
LLD4	-0,221	0,386	0,543	0,713	-0,063	-0,030	-0,127	-0,098	-0,123	0,281	-0,033	-0,108	-0,054	-0,095
LLD5	-0,192	0,405	0,493	0,670	-0,105	-0,059	-0,083	-0,125	-0,111	0,266	-0,114	-0,109	-0,052	-0,144
LLD6	-0,284	0,441	0,494	0,748	-0,121	-0,143	-0,194	-0,143	-0,141	0,209	-0,098	-0,107	-0,134	-0,179
LLD7	0,287	0,426	0,487	0,744	0,241	-0,096	-0,200	-0,208	-0,244	0,248	-0,102	-0,249	-0,141	-0,202
LLD8	-0,373	0,475	0,570	0,772	-0,148	-0,209	-0,274	-0,146	-0,267	0,213	-0,165	-0,255	-0,240	-0,251
LLD9	-0,358	0,489	0,591	0,785	-0,131	-0,172	-0,211	-0,168	-0,227	0,167	-0,165	-0,279	-0,171	-0,214
LLD10	-0,315	0,404	0,493	0,713	-0,112	-0,146	-0,276	-0,082	-0,208	0,244	-0,147	-0,236	-0,201	-0,187
LLD11	-0,277	0,388	0,484	0,697	-0,107	-0,010	-0,195	-0,166	-0,171	0,243	-0,171	-0,199	-0,115	-0,182
Q23	0,071	-0,245	-0,175	-0,089	0,785	0,228	0,227	0,315	0,296	0,090	0,262	0,208	0,143	0,117
Q24	0,121	-0,282	-0,281	-0,178	0,786	0,261	0,257	0,328	0,335	-0,005	0,211	0,206	0,203	0,260
Q25	0,188	-0,233	-0,136	-0,127	0,797	0,418	0,370	0,357	0,428	-0,085	0,225	0,250	0,249	0,303
Q26	0,066	-0,076	-0,032	0,037	0,274	0,543	0,227	0,054	0,151	0,003	0,157	0,058	0,029	0,054
Q27	0,322	-0,206	-0,230	-0,256	0,331	0,914	0,413	0,193	0,489	-0,100	0,171	0,306	0,335	0,349
Q28	0,393	-0,236	-0,249	-0,273	0,307	0,369	0,846	0,341	0,555	-0,166	0,314	0,342	0,443	0,338
Q29	0,287	-0,193	-0,250	-0,228	0,316	0,382	0,844	0,320	0,551	-0,137	0,200	0,414	0,409	0,274
Q30	0,113	-0,179	-0,163	-0,151	0,344	0,116	0,304	0,792	0,387	-0,120	0,211	0,337	0,238	0,160
Q31	0,219	-0,252	-0,226	-0,181	0,336	0,180	0,323	0,811	0,392	-0,133	0,315	0,301	0,330	0,347
Q32	0,364	-0,185	-0,232	-0,176	0,382	0,264	0,482	0,480	0,775	-0,215	0,396	0,436	0,425	0,353
Q33	0,468	-0,242	-0,369	-0,339	0,368	0,476	0,577	0,345	0,806	-0,204	0,299	0,415	0,424	0,463
Q34	0,432	-0,161	-0,220	-0,214	0,328	0,455	0,535	0,253	0,753	-0,057	0,342	0,371	0,342	0,320
Q35	0,334	-0,162	-0,187	-0,243	0,319	0,320	0,426	0,285	0,702	-0,100	0,289	0,344	0,310	0,358
Q36	0,145	-0,201	-0,201	-0,136	0,284	0,237	0,394	0,450	0,670	-0,172	0,345	0,381	0,292	0,346
Q19	-0,244	0,162	0,198	0,273	0,039	-0,034	-0,128	-0,124	-0,195	0,726	-0,128	-0,201	-0,145	-0,127
Q20	-0,092	0,013	0,040	0,102	0,110	0,055	0,011	-0,009	0,060	0,587	-0,044	0,020	0,021	-0,011
Q21	-0,197	0,193	0,249	0,270	-0,023	-0,107	-0,210	-0,152	-0,217	0,832	-0,137	-0,145	-0,130	-0,151
Q22	-0,058	0,217	0,202	0,184	-0,094	-0,099	-0,119	-0,123	-0,130	0,738	-0,160	-0,205	-0,112	-0,182
Q23	0,206	-0,165	-0,115	-0,118	0,188	0,115	0,163	0,214	0,283	0,133	0,805	0,264	0,310	0,203
Q5	0,234	-0,154	-0,154	-0,117	0,242	0,282	0,295	0,257	0,365	-0,167	0,748	0,388	0,406	0,343
Q6	0,135	-0,142	-0,095	-0,100	0,213	0,095	0,226	0,276	0,306	-0,084	0,642	0,282	0,196	0,180
Q7	0,333	-0,206	-0,215	-0,163	0,232	0,114	0,221	0,249	0,379	-0,122	0,793	0,342	0,302	0,397
Q8	0,210	-0,206	-0,209	-0,205	0,095	0,191	0,239	0,256	0,302	-0,160	0,254	0,679	0,414	0,360
Q9	0,194	-0,276	-0,225	-0,196	0,207	0,191	0,280	0,249	0,351	-0,093	0,272	0,666	0,382	0,304
Q10	0,276	-0,272	-0,295	-0,287	0,241	0,238	0,337	0,355	0,418	-0,130	0,338	0,715	0,399	0,286
Q11	0,327	0,295	0,266	-0,327	0,244	0,241	0,391	0,278	0,443	0,194	0,305	0,766	0,469	0,323
Q12	0,224	-0,186	-0,166	-0,123	0,211	0,146	0,332	0,272	0,343	-0,158	0,359	0,723	0,435	0,340
Q13	0,281	-0,180	-0,183	-0,193	0,243	0,256	0,408	0,390	0,415	-0,145	0,393	0,397	0,762	0,378
Q14	0,274	-0,188	-0,266	-0,224	0,181	0,275	0,500	0,276	0,415	-0,139	0,293	0,492	0,844	0,369
Q15	0,278	-0,184	-0,225	-0,209	0,212	0,266	0,454	0,333	0,415	-0,142	0,343	0,445	0,803	0,374
Q16	0,323	-0,117	-0,198	-0,107	0,177	0,158	0,191	0,188	0,333	-0,213	0,386	0,317	0,340	0,693
Q17	0,269	-0,217	-0,232	-0,221	0,257	0,277	0,290	0,218	0,354	-0,049	0,214	0,307	0,344	0,736
Q18	0,469	0,286	-0,289	-0,355	0,237	0,283	0,333	0,305	0,429	0,138	0,277	0,392	0,350	0,825

Nota: Cargas fatorias mais altas foram destacadas em negrito.

Legenda: MW - Significado do trabalho; TD - Desconforto no tronco; ULD - Desconforto nos membros superiores; LLD - Desconforto nos membros inferiores; WK - Condições do local de trabalho; UDC - Uso e desenvolvimento de capacidades; SIO - Integração social na organização; CON - Constitucionalismo; SRW - Relevância social do trabalho na vida; PJD - Trabalho físico demandas; SS - Apoio de supervisores; SC - Apoio de colegas de trabalho; RE - Recompensa; JS - Satisfação no trabalho.

Tabela 5.
Resultado da validade discriminante usando o critério de Fornell-Lacker.

Construto	1	2	3	4
1 Demandas físicas	0,726			
2 Desconforto osteomuscular	0,301	0,871		
3 Estresse Psicossocial	-0,251	-0,441	0,733	
4 QVT	-0,183	-0,395	0,677	0,744

Tabela 6.
Avaliação do modelo estrutural.

Construto	R ² ajustado	f ²	VIF
Demandas físicas	0,202	0,085	1,328
Desconforto osteomuscular	0,301	0,126	1,317
Estresse Psicossocial	0,280	0,123	1,025
QVT	0,466	0,583	1,303

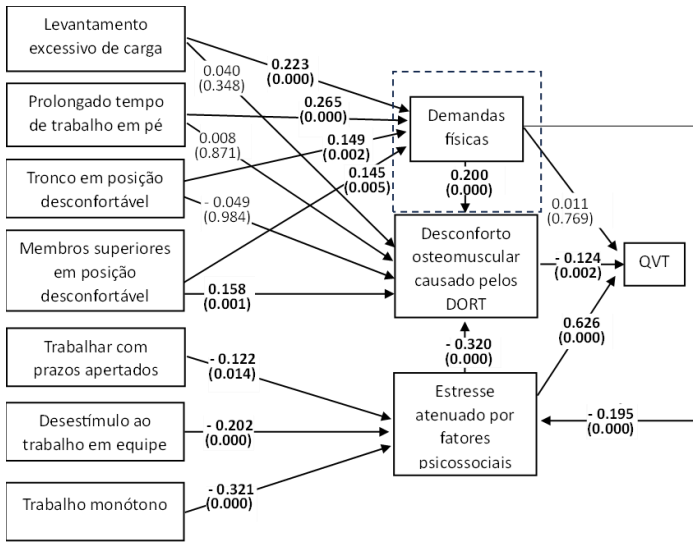


Fig. 3. Resultado da análise de caminho PLS-SEM.

Nota: Valores significativos (valor de $p < 0,05$) estão em **negrito**.

Nosso estudo validou o estresse psicossocial como um fator de segunda ordem que surge da relação entre fatores psicossociais presentes nos ambientes de trabalho, como satisfação no trabalho, recompensa, significado do trabalho e apoio social de colegas de trabalho e supervisores. Os modelos de Karasek et al. (1998) e Siegrist (1996) já teorizavam que o estresse nascia da interação de fatores psicossociais. Da mesma forma, este estudo se alinha aos achados de de Souza et al. (2021) e Nascimento et al. (2024), que posicionam o estresse como um fator de segunda ordem decorrente das condições psicossociais do trabalho. Nosso estudo foi o primeiro a considerar um número mais significativo de fatores como componentes do estresse psicossocial, fornecendo evidências de que fatores psicossociais de diferentes naturezas podem contribuir para os níveis de estresse vivenciados pelos trabalhadores. O efeito atenuante de boas condições psicossociais também foi validado. Portanto, constatou-se que ambientes de trabalho com fatores psicossociais positivos tendem a apresentar menores níveis de estresse. Essa condição tende a reduzir a chance de sintomas de DORT e aumentar a percepção de QVT.

Também foi validado que a QVT é um traço latente de segunda ordem que depende das condições do local de trabalho, do uso e desenvolvimento de capacidades, da integração social, do constitucionalismo e da relevância social do trabalho na vida. Walton (1973) propôs essas dimensões, mas elas ainda se mostraram apropriadas para avaliar facetas relacionadas à QVT atualmente. Neste estudo, tais facetas foram concatenadas para dar origem à percepção geral da QVT dos trabalhadores por meio de um modelo reflexivo. U ma série de procedimentos matemáticos robustos atestou que essa estrutura reflexiva de segunda ordem pode expressar a QVT geral dos trabalhadores. Ao utilizar o questionário de Walton (Walton, 1973), a maioria dos estudos na literatura utiliza subescalas do QVT. (Mirshakari et al., 2022; da Silva et al., 2022) ou somar as respostas do instrumento para expressar a QVT geral (Timossi et al., 2009; Mamaghaniyeh et al., 2019; Jahangiri et al., 2020). Também podem utilizar ambas as abordagens (Shahbazi et al., 2011; Hosseinabadi et al., 2013; Farid et al., 2015). Portanto, eles determinam uma pontuação que expressa a dimensão QVT total.

Tabela 7. Resultados da análise de caminho e das hipóteses testadas.

Análise de caminho	β	sd	p-value	H (Decisão)
Efeito direto				
Elevação excessiva de carga – Desconforto musculoesquelético (MSD)	0,040	0,039	0,348	H1a (Rejeitar)
Tempo prolongado de trabalho em pé – MSD	0,008	0,049	0,871	H1b (Rejeitar)
Posturas inadequadas do tronco – MSD	-0,049	0,049	0,325	H1c (Rejeitar)
Posturas inadequadas dos membros	0,158	0,048	0,001	H1d (Aceitar)
Levantamento excessivo de carga – Trabalho físico demandas	0,223	0,055	0,000	H1e (Aceitar)
Tempo prolongado de trabalho em pé – Exigências físicas do trabalho	0,264	0,041	0,000	H1f (Aceitar)
Posturas ruins do tronco – Trabalho físico demandas	0,149	0,049	0,002	H1g (Aceitar)
Posturas inadequadas dos membros superiores – Físico	0,145	0,052	0,005	H1h (Aceitar)
Demandas físicas do trabalho –MSD	0,200	0,046	0,000	H1i (Aceitar)
Exigências físicas do trabalho –Estresse psicossocial	-0,195	0,044	0,000	H1j (Aceitar)
Exigências físicas do trabalho – Qualidade de Vida no trabalho (QVT)	0,011	0,038	0,769	H1k (Rejeitar)
Estresse psicossocial – MSD	-0,320	0,044	0,000	H2a (Aceitar)
Estresse psicossocial – QVT	0,626	0,032	0,000	H2b (Aceitar)
Trabalhando com prazos apertados -- Estresse psicossocial	-0,122	0,045	0,014	H3a (Aceitar)
Baixa estimulação do trabalho em equipe – Estresse psicossocial	-0,202	0,041	0,000	H3b (Aceitar)
Trabalho monótono – Psicossocial estresse	-0,321	0,044	0,000	H3c (Aceitar)
Desconforto musculoesquelético – QVT	-0,124	0,039	0,002	H4
Efeito indireto				
Horas de trabalho em pé – Demandas físicas - DORT	0,053	0,015	0,000	Significativo
Membros Superiores Posição Desconfortável - Demandas físicas - DORT	0,029	0,012	0,022	Significativo
Tronco em posição desconfortável - Demandas físicas - DORT	0,030	0,012	0,015	Significativo
Levantamento de carga excessiva - Demandas físicas - DORT	0,044	0,014	0,002	Significativo
Horas trabalho em pé - Demandas físicas - DORT - QVT	-0,007	0,003	0,028	Significativo
Membros Superiores Posição Desconfortável - Demandas físicas - DORT - QVT	-0,004	0,002	0,074	Não significativo
Tronco em posição desconfortável - Demandas físicas - DORT - QVT	-0,004	0,002	0,073	Não significativo
Levantamento de carga excessiva - Demandas físicas - DORT - QVT	-0,006	0,003	0,041	Significativo
Trabalhar com prazos apertados - Estresse Psicossocial - DORT	0,036	0,015	0,021	Significativo
Desestímulo ao trabalho em equipe - Estresse Psicossocial - DORT	0,065	0,016	0,000	Significativo
Trabalho monótono - Estresse Psicossocial - DORT	0,103	0,020	0,000	Significativo
Trabalhar com prazos apertados - Estresse Psicossocial - DORT - QVT	-0,004	0,003	0,084	Não Significativo
Desestímulo ao trabalho em equipe - Estresse Psicossocial - DORT	0,065	0,016	0,000	Significativo
Trabalho monótono - Estresse Psicossocial - DORT	0,103	0,020	0,000	Significativo
Trabalhar com prazos apertados - Estresse Psicossocial - DORT - QVT	-0,004	0,003	0,084	Não Significativo
Estímulo ao trabalho em equipe - Estresse Psicossocial - DORT - QVT	-0,008	0,003	0,013	Significativo
Trabalho monótono - Estresse Psicossocial - DORT - QVT	-0,013	0,005	0,010	Significativo
Fator ajustado				
IMC - Desconforto osteomuscular	-0,002	0,050	0,969	Não Significativo
Idade - Desconforto osteomuscular	0,125	0,042	0,003	Significativo
Número de dias que realiza Atividades Físicas - Desconforto osteomuscular	-0,076	0,039	0,051	Não Significativo
Sexo - Desconforto osteomuscular	-0,052	0,045	0,249	Não Significativo
Tipo de vínculo de trabalho - Desconforto osteomuscular	0,194	0,036	0,000	Significativo

Legenda: H – hipótese; DME – Desconforto musculoesquelético; QVT – Qualidade de vida Vida profissional.
Nota: Valores significativos (valor de $p < 0,05$) estão em **negrito**.

Estudos como Salehi et al. (2020) e Fernandes et al. (2017) buscaram apresentar uma dimensão geral de QVT com base nas subescalas propostas por Walton (1973). Tais estudos optaram por um modelo formativo, resultando em baixos valores de carga fatorial e uma perda significativa no número de subescalas relacionadas à QVT. Nazem et al. (2014), utilizando um modelo reflexivo, obtiveram melhores resultados em termos de coeficientes de caminho. No entanto, esta pesquisa fez uso desta dimensão em um modelo simples. Assim, a literatura ainda não mencionou o uso de uma estrutura reflexiva de segunda ordem, como a proposta por este estudo, em um modelo complexo. Contrariamente aos artigos de Sauter et al. (1991), Chung e Choi (1997), Zakerian e Subramaniam (2011), Russell e Benedetto (2014) e Silva et al (2021), o desconforto musculoesquelético relacionado aos DORT foi apresentado como uma variável latente de segunda ordem, associada à percepção de desconforto nos membros superiores, inferiores e tronco. Até onde sabemos, apenas o estudo de Serafim et al. (2024) validou uma estrutura de mensuração para fatores de primeira e segunda ordem para determinar o desconforto musculoesquelético geral relacionado aos DORT. Portanto, este artigo avança ao testar tal estrutura como consequência da ação de múltiplos fatores de risco, o que tem como efeito a redução da QVT vivenciada pelos trabalhadores.

Vale ressaltar que estudos anteriores propuseram que o risco Fatores ocupacionais contribuem para os sintomas musculoesqueléticos (Leite et al., 2021; Bispo et al., 2022). Outros estudos concluíram que os sintomas musculoesqueléticos comprometem a QVT (Cordioli Junior et al., 2020; Jiménez Arberas e Díez, 2022). No entanto, este é o primeiro artigo que sugere e comprova toda uma sequência de relações estruturais para explicar como diferentes fatores de risco se relacionam e contribuem para o desenvolvimento de DORT e a redução da QVT. Os fatores biomecânicos impactam a percepção das demandas físicas do trabalho, que, por sua vez, influenciam os DORT. Assim, a percepção das demandas físicas do trabalho foi apresentada como um mediador eficaz entre fatores biomecânicos e DORT. Os fatores tempo prolongado trabalhando em pé ($p=0,053$; p -valor 0,000), má postura de membros superiores (8 (0,029; p -valor 0,022), má postura de tronco (0,030; p -valor 0,015) e 'levantamento excessivo de carga' (0,044; p -valor 0,002) passaram a ter impacto significativo nos DORT quando mediados pelas demandas físicas do trabalho. Ao analisar a sequência das relações estruturais, constatou-se também que os fatores 'tempo prolongado trabalhando em pé' (-0,007; p -valor 0,028) e 'levantamento excessivo de carga' (-0,006; p -valor 0,041) reduzem a QVT. Essas relações nunca foram testadas com o mesmo modelo, mas podem auxiliar na melhor compreensão da relação entre fatores de risco, DORT e QVT.

O modelo também foi capaz de explicar melhor como o estresse media a relação entre fatores organizacionais, DORT e QVT. 'Trabalhar com prazos apertados', 'Baixo estímulo ao trabalho em equipe' e 'Trabalho monótono' reduzem a atenuação do estresse causado por fatores psicossociais positivos do trabalho. No entanto, ao considerar a sequência de relações estruturais, foi possível verificar que o 'Baixo estímulo ao trabalho em equipe' contribui para DORT (0,065; p -valor 0,000) e reduz a QVT (-0,008; p -valor 0,013) quando mediado pelo estresse. O mesmo ocorre para o fator 'Trabalho monótono' que contribui para DORT ($p=0,103$; p -valor=0,000) e reduz a QVT ($p=0,013$; p -valor 0,010). A análise dessas trajetórias revela a importância dos fatores organizacionais em diferentes aspectos da saúde dos trabalhadores. Portanto, maior atenção aos fatores organizacionais pode reduzir problemas relacionados ao estresse psicossocial, sintomas musculoesqueléticos e qualidade de vida. Futuras intervenções ergonômicas que visem melhorar a saúde dos trabalhadores devem considerar os efeitos dos fatores organizacionais.

Portanto, este estudo lança luz sobre vários aspectos que as empresas devem observar. O primeiro é um investimento mais significativo na melhoria do ambiente psicossocial por meio de ações que promovam a redução dos riscos psicossociais, dado seu efeito preventivo sobre o estresse. Consequentemente, há evidências de uma redução na chance de DORT e de um impacto geral na melhoria na QVT. Maior atenção deve ser dada à percepção das demandas físicas do trabalho vivenciadas pelos trabalhadores. Este fator sintetiza o efeito de múltiplos fatores de risco biomecânicos.

Este estudo ressalta a necessidade urgente de desenvolvimento de legislação que aborde aspectos psicossociais e organizacionais. Embora o Brasil possua uma legislação abrangente sobre saúde e segurança no trabalho, regulamentada por Normas Regulamentadoras, há uma clara lacuna na legislação específica para fatores psicossociais e organizacionais. É crucial abordar essas questões prontamente, visto que apenas alguns desses tópicos são atualmente abordados de forma secundária em outras normas. No caso de uma região desfavorecida do Brasil, este estudo serve como um ponto de partida crucial para a formulação de ações e políticas públicas. O objetivo é garantir maior atenção aos sintomas de DORT e promover a qualidade de vida. Essas políticas públicas devem ter como foco principal a garantia das condições de saúde dos trabalhadores, trazendo dignidade aos locais de trabalho do Sertão Alagoano e da Bahia.

5.1. Limitações

Esta pesquisa apresenta algumas limitações. A primeira é que se trata de um estudo transversal. Estudos longitudinais podem chegar a conclusões mais sólidas sobre as relações estudadas neste artigo (Leite et al., 2021). A segunda é que o modelo não considerou outros fatores psicossociais, organizacionais e biomecânicos. Da mesma forma, fatores ambientais podem contribuir para os sintomas de DORT (Widanarko et al., 2014). Terceiro, este estudo não considerou fatores não ocupacionais, como tendência somatizante (Solidaki et al., 2010). Outra limitação é que a coleta de dados foi baseada apenas nas percepções dos trabalhadores, deixando espaço para pequenas distorções (Silva et al., 2017). Assim, o estudo depende fortemente de dados autorrelatados. Portanto, os dados podem apresentar vies de desejabilidade social e de memória. Embora os autores tenham trabalhado com questionários previamente validados por outros estudos, a falha em usar diferentes fontes de dados internas e externas não elimina a chance de vies de desejabilidade social. Assim, por exemplo, testes de estresse de laboratório, como fonte interna de dados, poderiam ter sido comparados com medidas autorrelatadas, ga rantindo a validade de algumas das medidas (Althubaiti, 2016). Além dos custos inviáveis de laboratório devido ao financiamento insuficiente para pesquisa, fontes alternativas de dados externos, como registros médicos ou relatos de amigos e familiares, poderiam ter sido utilizadas para mitigar o vies de desejabilidade social (Harrison; Hughes, 1997; Stephens, 1972). Há também a possibilidade de vies de memória. Isso ocorre porque os trabalhadores, para alguns itens do questionário, precisam relatar a exposição a fatores de risco retrospectivamente. Autores como Althubaiti (2016) afirmam que trabalhar com períodos mais curtos para recordar situações e estratificar os dados com base em como os indivíduos vivenciaram os eventos pode minimizar o vies de memória. Biemer et al. (2013) recomendam que métodos como diários e entrevistas conduzidas com indivíduos antes do estudo facilitem a recordação de situações vivenciadas e que estão sendo autorrelatadas. Os autores também reconhecem como limitação que o foco em uma região específica do Brasil impossibilita a generalização dos resultados. Por fim, uma série de consequências dos DORT não foram testadas no modelo, como absenteísmo (Leite et al., 2022a,b), problemas de qualidade (Eklund, 2000), presenteísmo (Leite et al., 2022a,b), aposentadoria precoce por invalidez (Widanarko et al., 2014), desempenho no trabalho (Herrera e Huatucu, 2011) e saúde mental problemas (Li et al., 2021).

6. Conclusão

Este estudo validou um modelo que examina a relação sequencial entre fatores de risco ocupacionais, sintomas de DORT e QVT. O modelo demonstrou propriedades psicométricas satisfatórias tanto para mensurar quanto para relacionar fatores. Evidências indicam que um ambiente com baixos riscos psicossociais pode aliviar o estresse ocupacional. Além disso, fatores organizacionais foram identificados como potenciais estressores. Da mesma forma, nem todos os fatores biomecânicos impactam diretamente os sintomas de DORT, principalmente quando as demandas físicas do trabalho mediam entre riscos biomecânicos e sintomas musculoesqueléticos. Além disso, o estresse e as demandas físicas do trabalho contribuem diretamente para DORT. Por fim, o DORT reduz a QVT geral percebida pelos trabalhadores.

Estudos futuros podem considerar variações do modelo apresentado neste artigo, incluindo outros fatores ocupacionais específicos para determinadas ocupações e diferentes regiões geográficas. Além disso, é possível considerar fatores não ocupacionais e riscos ambientais no mesmo modelo. Eles também poderiam analisar a causalidade reversa na relação entre fatores psicossociais e estresse para verificar se indivíduos com menores níveis de estresse percebem seu ambiente psicossocial de forma mais positiva, o que poderia ter sido explorado neste artigo. Recomenda-se que estudos longitudinais considerem consequências mais negativas dos DORT e não se limitem a coletar dados com base nas percepções dos trabalhadores. Estudos futuros também devem buscar validar as respostas autorrelatadas em diversas fontes de dados internas ou externas, além de trabalhar com coleta de dados em períodos mais curtos, para minimizar a chance de desejabilidade social e vies de memória. Além disso, Althubaiti (2016) sugere o uso de questionários como a Escala de Desejabilidade Social Marlowe-Crowne (Crowne e Marlowe, 1960) ou o escore de Motivação de Aprovação Martin-Larsen (Paulhus, 1991) para identificar e mensurar aspectos da desejabilidade social de informações autorrelatadas.

Declaração de contribuição de autoria do credito

Jonhatan M. N. da Silva: Escrita – original, Metodologia, Investigação, Análise formal, Conceitualização. Lucas G. M. Bispo: Validação, Investigação, Conceitualização. Wilza K. dos Santos Leite: Supervisão, Software, Metodologia. Elarama Marama de Araujo Vieira: Software, Administração de projetos, Curadoria de dados. Alexandre Henrique Silva Lisboa: Redação – original rascunho, Software, Análise formal. Rafaela de Sá Teixeira: Software, Metodologia, Análise formal.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não ter conhecimento de nenhuma situação financeira concorrente interesses ou relações pessoais que poderiam ter influenciado o trabalho relatado neste artigo.

Apêndices.

Apêndice A1. Avaliação de efeitos não lineares

Caminho	β	β^2	sd	p-valor	r^2_f
QE_Levantamento excessivo de carga - Demandas físicas do trabalho	-0,055	-0,068	0,032	0,090	0,021
QE_Tempo prolongado de trabalho em pé - Exigências físicas do trabalho	-0,055	-0,053	0,022	0,095	0,010
QE_Posturas ruins dos membros superiores - Demandas físicas do trabalho	-0,079	-0,072	0,066	0,235	0,007
QE_Posturas ruins do tronco - Demandas físicas do trabalho	-0,003	-0,012	0,054	0,961	0,000
QE_Posturas ruins dos membros superiores - Desconforto musculoesquelético	-0,035	-0,036	0,051	0,492	0,002
QE_Tempo prolongado de trabalho em pé - Desconforto musculoesquelético	0,063	0,062	0,017	0,065	0,024
QE_Levantamento excessivo de carga - Desconforto musculoesquelético	-0,076	-0,074	0,053	0,156	0,009
QE_Posturas ruins do tronco - Desconforto musculoesquelético	0,045	0,043	0,047	0,343	0,003
QE_Exigências físicas do trabalho - Estresse psicossocial	0,052	0,051	0,038	0,195	0,015
QE_Exigências físicas do trabalho - Desconforto musculoesquelético	-0,058	-0,056	0,043	0,184	0,019
QE_Exigências físicas do trabalho - Qualidade de vida no trabalho	0,023	0,023	0,035	0,513	0,001
QE_Estresse psicossocial - Desconforto musculoesquelético	0,056	0,058	0,042	0,190	0,006
QE_Estresse psicossocial - Qualidade de vida no trabalho	0,156	0,168	0,08	0,052	0,026
QE_Desconforto musculoesquelético - Qualidade de vida no trabalho	0,041	0,040	0,029	0,139	0,019
QE_Baixa estimulação do trabalho em equipe - Estresse psicossocial	0,002	0,000	0,029	0,957	0,000
QE_Trabalho monótono - Estresse psicossocial	-0,050	-0,049	0,031	0,100	0,005
QE_Trabalhando com prazos apertados - Estresse psicossocial	0,045	0,043	0,05	0,343	0,010

Legenda: QE_ – Efeito quadrático.

Apêndice A2. Resultado do teste de endogeneidade

Construção	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 5		Modelo 6		Modelo 7		Modelo 8		Modelo 9		Modelo 10	
	coef.	P	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p
PJD	0,18	0,12	0,04	0,39	0,03	0,41	0,04	0,31	0,03	0,40	0,04	0,37	0,03	0,43	0,04	0,39	0,03	0,42	0,04	0,35
UL	0,07	0,10	0,12	0,37	0,07	0,10	0,06	0,13	0,07	0,11	0,07	0,10	0,07	0,08	0,07	0,11	0,07	0,09	0,06	0,16
TD	0,02	0,60	0,03	0,54	0,01	0,92	0,03	0,47	0,03	0,51	0,03	0,53	0,03	0,48	0,02	0,56	0,02	0,57	0,02	0,64
PTWS	0,02	0,62	0,02	0,63	0,02	0,65	0,17	0,27	0,02	0,64	0,02	0,66	0,02	0,69	0,02	0,67	0,02	0,66	0,02	0,56
ELE	0,04	0,27	0,04	0,26	0,04	0,27	0,04	0,33	0,16	0,38	0,04	0,27	0,04	0,24	0,04	0,27	0,04	0,26	0,05	0,21
PS	0,56	0,00	0,56	0,00	0,56	0,00	0,57	0,00	0,56	0,00	0,52	0,00	0,56	0,00	0,56	0,00	0,56	0,00	0,57	0,00
MW	0,04	0,56	0,29	0,05	0,26	0,05	0,26	0,05	0,23	0,04	0,28	0,05	0,27	0,05	0,03	0,26	0,04	0,28	0,04	0,33
LST	0,07	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	0,08	0,05	0,07	0,06	0,07	0,06	0,08	0,05	0,15	0,21	0,08	0,05	0,08	0,05
WUTD	0,05	0,23	0,05	0,20	0,05	0,20	0,05	0,22	0,05	0,23	0,05	0,22	0,04	0,33	0,05	0,24	0,10	0,19	0,03	0,40
MD	0,08	0,05	0,09	0,03	0,09	0,03	0,10	0,02	0,09	0,03	0,09	0,03	0,09	0,03	0,09	0,04	0,09	0,03	0,21	0,10
PJDc	0,18	0,06																		
ULDc			0,07	0,69																
TDc					0,05	0,77														
PTWSC							0,19	0,21												
ELLc									0,30	0,51										
PSc											0,04	0,60								
MWc													0,19	0,06						
LSTc															0,06	0,51				
WUTDc																	0,04	0,45		
MDc																			0,23	0,07

Construção	Modelo 11		Modelo 12		Modelo 13		Modelo 14		Modelo 15		Modelo 16		Modelo 17		Modelo 18		Modelo 19		Modelo 20	
	coef.	P	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p
PJD	0,21	0,08	0,21	0,09	0,20	0,10	0,21	0,09	0,21	0,09	0,21	0,09	0,21	0,09	0,22	0,08	0,21	0,09	0,23	0,07
UL	0,14	0,31	0,07	0,10	0,07	0,13	0,07	0,10	0,07	0,10	0,08	0,08	0,07	0,11	0,07	0,09	0,06	0,15	0,17	0,26
TD	0,02	0,61	0,04	0,77	0,03	0,53	0,02	0,58	0,02	0,60	0,03	0,54	0,02	0,63	0,02	0,64	0,02	0,72	0,09	0,56
PTWS	0,02	0,61	0,02	0,62	0,17	0,28	0,02	0,62	0,02	0,64	0,02	0,67	0,02	0,65	0,02	0,64	0,02	0,54	0,02	0,59
ELL	0,04	0,26	0,04	0,27	0,04	0,34	0,16	0,39	0,04	0,27	0,04	0,25	0,04	0,27	0,04	0,26	0,05	0,21	0,04	0,25
PS	0,55	0,00	0,56	0,00	0,56	0,00	0,56	0,00	0,52	0,00	0,55	0,00	0,55	0,00	0,55	0,00	0,56	0,00	0,55	0,00
MW	0,04	0,27	0,04	0,29	0,05	0,25	0,04	0,31	0,04	0,29	0,27	0,04	0,04	0,29	0,04	0,31	0,04	0,36	0,05	0,27
LST	0,07	0,06	0,07	0,06	0,08	0,05	0,07	0,06	0,07	0,06	0,08	0,05	0,15	0,21	0,08	0,05	0,08	0,05	0,08	0,06
WUTD	0,04	0,25	0,05	0,24	0,04	0,27	0,04	0,28	0,04	0,26	0,03	0,39	0,04	0,29	0,10	0,19	0,03	0,46	0,04	0,25
MD	0,09	0,04	0,08	0,05	0,09	0,03	0,08	0,04	0,09	0,04	0,09	0,04	0,08	0,05	0,09	0,04	0,09	0,09	0,05	
PJDC	0,19	0,06	0,19	0,06	0,19	0,06	0,19	0,06	0,19	0,06	0,19	0,06	0,19	0,06	0,19	0,06	0,19	0,06	0,19	0,06
ULDC	0,09	0,61																	0,13	0,50
TDC			0,02	0,89															0,09	0,65
PTWSC					0,19	0,21														
ELLC							0,30	0,51												
PSC									0,04	0,62										
MWC											0,18	0,06								
LSTC													0,06	0,50						
WUTDC															0,04	0,41				
MDC																	0,23	0,07		

(continua na próxima página)

Construir	Modelo 21		Modelo 22		Modelo 23		Modelo 24		Modelo 25		Modelo 26		Modelo 27		Modelo 28		Modelo 29		Modelo 30	
	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p
PJD	0,21	0,09	0,21	0,08	0,21	0,09	0,21	0,08	0,21	0,08	0,22	0,08	0,21	0,08	0,22	0,09	0,23	0,07	0,22	0,08
UL	0,13	0,35	0,13	0,32	0,14	0,30	0,14	0,28	0,13	0,32	0,14	0,30	0,12	0,38	0,15	0,30	0,16	0,28	0,17	0,26
TD	0,03	0,54	0,02	0,58	0,02	0,60	0,03	0,55	0,02	0,64	0,02	0,65	0,01	0,72	0,09	0,57	0,09	0,56	0,09	0,56
PTWS	0,17	0,29	0,02	0,61	0,02	0,63	0,02	0,65	0,02	0,64	0,02	0,63	0,02	0,53	0,16	0,30	0,02	0,59	0,02	0,61
ELE	0,04	0,33	0,16	0,40	0,04	0,26	0,04	0,24	0,04	0,26	0,04	0,25	0,05	0,21	0,04	0,32	0,16	0,40	0,04	0,25
PS	0,55	0,00	0,55	0,00	0,51	0,00	0,55	0,00	0,55	0,00	0,55	0,00	0,56	0,00	0,55	0,00	0,55	0,00	0,51	0,00
MW	0,05	0,24	0,04	0,29	0,04	0,27	0,27	0,03	0,05	0,27	0,04	0,29	0,04	0,35	0,05	0,24	0,04	0,29	0,05	0,27
LST	0,08	0,05	0,07	0,06	0,07	0,06	0,08	0,05	0,15	0,21	0,08	0,05	0,08	0,05	0,08	0,05	0,08	0,06	0,07	0,06
WUTD	0,04	0,28	0,04	0,29	0,04	0,27	0,03	0,40	0,04	0,30	0,10	0,19	0,03	0,47	0,04	0,28	0,04	0,29	0,04	0,28
MD	0,10	0,03	0,09	0,04	0,09	0,04	0,09	0,03	0,09	0,05	0,09	0,04	0,21	0,10	0,09	0,03	0,09	0,04	0,09	0,04
PJD _c	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,06
ULD _c	0,08	0,64	0,08	0,63	0,09	0,59	0,09	0,59	0,08	0,62	0,09	0,60	0,07	0,66	0,12	0,54	0,12	0,52	0,13	0,49
TD _c															0,08	0,68	0,09	0,65	0,09	0,64
PTWS _c	0,19	0,22													0,19	0,22				
ELL _c			0,29	0,53																
PSC					0,04	0,61											0,29	0,53		
MWC							0,19	0,06											0,04	0,60
LSTC									0,06	0,51										
WUTDC											0,04	0,41								
MDC													0,23	0,07						
Construção	Modelo 31		Modelo 32		Modelo 33		Modelo 34		Modelo 35		Modelo 36		Modelo 37		Modelo 38		Modelo 39		Modelo 40	
	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p
PJD	0,22	0,08	0,23	0,08	0,23	0,07	0,23	0,07	0,22	0,08	0,22	0,09	0,22	0,09	0,22	0,09	0,22	0,08	0,22	0,08
UL	0,17	0,25	0,16	0,28	0,17	0,26	0,15	0,30	0,15	0,32	0,16	0,30	0,16	0,29	0,15	0,32	0,16	0,30	0,14	0,35
TD	0,09	0,58	0,09	0,59	0,09	0,59	0,10	0,54	0,09	0,56	0,09	0,57	0,09	0,59	0,08	0,59	0,08	0,59	0,09	0,55
PTWS	0,02	0,63	0,02	0,62	0,02	0,61	0,02	0,51	0,17	0,28	0,16	0,31	0,17	0,28	0,16	0,30	0,17	0,28	0,17	0,28
ELE	0,04	0,23	0,04	0,25	0,04	0,24	0,05	0,20	0,17	0,37	0,04	0,32	0,04	0,29	0,04	0,32	0,04	0,31	0,04	0,26
PS	0,55	0,00	0,55	0,00	0,55	0,00	0,56	0,00	0,55	0,00	0,52	0,00	0,55	0,00	0,55	0,00	0,55	0,00	0,56	0,00
MW	0,27	0,04	0,05	0,27	0,04	0,29	0,04	0,34	0,05	0,25	0,05	0,24	0,27	0,03	0,05	0,24	0,05	0,25	0,04	0,30
LST	0,08	0,05	0,15	0,22	0,08	0,05	0,08	0,05	0,08	0,05	0,08	0,05	0,08	0,04	0,14	0,22	0,08	0,04	0,08	0,04
WUTD	0,03	0,03	0,41	0,04	0,30	0,10	0,20	0,03	0,49	0,04	0,33	0,04	0,30	0,04	0,45	0,10	0,33	0,02	0,20	0,53
MD	0,09	0,03	0,08	0,05	0,09	0,04	0,21	0,09	0,10	0,03	0,10	0,03	0,10	0,02	0,09	0,03	0,10	0,03	0,21	0,10
PJD _c	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06
ULD _c	0,13	0,50	0,12	0,52	0,13	0,50	0,12	0,51	0,11	0,56	0,12	0,52	0,12	0,54	0,11	0,55	0,12	0,54	0,11	0,55
TD _c	0,08	0,68	0,09	0,66	0,09	0,66	0,11	0,59	0,08	0,68	0,08	0,67	0,07	0,71	0,07	0,69	0,08	0,69	0,10	0,62
PTWS _c									0,20	0,21	0,18	0,24	0,19	0,21	0,19	0,23	0,19	0,21	0,20	0,20
ELL _c									0,32	0,48									0,31	0,01
PS _c											0,03	0,66								
MW _c	0,18	0,07											0,19	0,06						
LST _c			0,06	0,52											0,05	0,56				
WUTD _c					0,04	0,41											0,04	0,39		
MD _c							0,23	0,07											0,23	0,07
Construção	Modelo 41		Modelo 42		Modelo 43		Modelo 44		Modelo 45		Modelo 46		Modelo 47		Modelo 48		Modelo 49		Modelo 50	
	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p
PJD	0,22	0,09	0,22	0,09	0,22	0,09	0,22	0,08	0,22	0,08	0,22	0,09	0,22	0,09	0,22	0,08	0,22	0,08	0,22	0,09
UL	0,15	0,32	0,15	0,31	0,14	0,34	0,15	0,32	0,13	0,38	0,15	0,30	0,15	0,33	0,15	0,31	0,13	0,37	0,15	0,30
TD	0,09	0,56	0,09	0,58	0,09	0,58	0,09	0,58	0,10	0,53	0,09	0,57	0,09	0,57	0,09	0,58	0,10	0,53	0,09	0,57
PTWS	0,16	0,29	0,17	0,26	0,17	0,29	0,17	0,26	0,18	0,26	0,17	0,27	0,16	0,30	0,17	0,27	0,17	0,26	0,17	0,27
ELE	0,17	0,36	0,15	0,41	0,16	0,40	0,17	0,35	0,19	0,31	0,16	0,40	0,16	0,39	0,18	0,34	0,19	0,30	0,16	0,40
PS	0,52	0,00	0,55	0,00	0,55	0,00	0,55	0,00	0,56	0,00	0,52	0,00	0,52	0,00	0,52	0,00	0,54	0,00	0,52	0,00
MW	0,05	0,05	0,26	0,27	0,04	0,05	0,25	0,05	0,27	0,04	0,32	0,27	0,04	0,05	0,25	0,04	0,27	0,27	0,32	0,04
LST	0,08	0,05	0,08	0,04	0,14	0,25	0,08	0,04	0,08	0,04	0,08	0,05	0,14	0,26	0,08	0,05	0,08	0,04	0,08	0,05
WUTD	0,04	0,35	0,03	0,50	0,04	0,37	0,10	0,21	0,02	0,61	0,03	0,52	0,03	0,39	0,09	0,22	0,02	0,63	0,03	0,52
MD	0,10	0,03	0,10	0,02	0,09	0,03	0,10	0,02	0,21	0,09	0,10	0,02	0,10	0,03	0,10	0,02	0,21	0,10	0,10	0,02
PJD _c	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06
ULD _c	0,12	0,55	0,11	0,56	0,11	0,57	0,11	0,56	0,11	0,58	0,11	0,55	0,11	0,56	0,11	0,55	0,11	0,57	0,11	0,55
TD _c	0,08	0,67	0,07	0,71	0,08	0,69	0,08	0,69	0,10	0,62	0,08	0,71	0,08	0,68	0,08	0,69	0,10	0,61	0,08	0,71
PTWS _c	0,19	0,19	0,22	0,20	0,20	0,19	0,22	0,20	0,20	0,21	0,18	0,20	0,21	0,20	0,23	0,21	0,21	0,20	0,19	0,21
ELL _c	0,33	0,47	0,29	0,53	0,30	0,51	0,34	0,46	0,37	0,42	0,29	0,52	0,31	0,50	0,35	0,45	0,38	0,41	0,29	0,52
PS _c	0,03	0,64									0,03	0,70	0,03	0,65	0,03	0,68	0,02	0,79	0,03	0,70
MW _c			0,18	0,07							0,18	0,07							0,18	0,07
LST _c					0,05	0,61									0,05	0,61				
WUTD _c							0,04	0,37							0,04	0,39				
MD _c									0,22	0,09							0,22	0,09		

(continua na próxima página)

Construção	Modelo 51		Modelo 52		Modelo 53		Modelo 54		Modelo 55		Modelo 56	
	coef.	p	coef.	P	coef.	p	coef.	p	coef.	p	coef.	p
PJD	0,22	0,09	0,22	0,08	0,22	0,08	0,22	0,08	0,22	0,09	0,22	0,08
UL	0,15	0,31	0,16	0,30	0,14	0,36	0,15	0,31	0,14	0,36	0,14	0,36
TD	0,09	0,58	0,08	0,59	0,09	0,55	0,08	0,61	0,09	0,55	0,09	0,58
PTWS	0,17	0,28	0,18	0,26	0,18	0,25	0,17	0,26	0,18	0,25	0,18	0,24
ELE	0,15	0,41	0,16	0,38	0,18	0,34	0,16	0,40	0,18	0,35	0,18	0,34
PS	0,52	0,00	0,52	0,00	0,54	0,00	0,52	0,00	0,54	0,00	0,54	0,00
MW	0,26	0,04	0,26	0,04	0,23	0,07	0,26	0,05	0,23	0,08	0,22	0,08
LST	0,10	0,41	0,08	0,04	0,08	0,04	0,11	0,35	0,10	0,39	0,11	0,35
WUTD	0,02	0,54	0,08	0,30	0,01	0,79	0,08	0,29	0,01	0,81	0,06	0,47
MD	0,10	0,02	0,11	0,02	0,19	0,15	0,10	0,02	0,19	0,15	0,18	0,16
PJD	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06
ULD	0,11	0,56	0,11	0,56	0,11	0,58	0,11	0,57	0,10	0,58	0,10	0,59
TD	0,07	0,71	0,07	0,72	0,09	0,65	0,07	0,73	0,09	0,65	0,09	0,67
PTWS	0,19	0,22	0,20	0,20	0,21	0,18	0,20	0,21	0,21	0,19	0,21	0,18
ELL	0,29	0,53	0,31	0,50	0,34	0,46	0,30	0,52	0,33	0,47	0,34	0,46
PS	0,03	0,71	0,02	0,74	0,01	0,84	0,02	0,75	0,01	0,85	0,01	0,88
MW	0,18	0,08	0,18	0,07	0,16	0,11	0,17	0,09	0,16	0,13	0,15	0,13
LST	0,02	0,85					0,03	0,77	0,02	0,86	0,02	0,79
WUTD			0,04	0,41			0,04	0,39			0,03	0,49
MD					0,22	0,09			0,22	0,09	0,22	0,09

Legenda: PJD – Exigências físicas do trabalho; ULD – Desconforto nos membros superiores; TD – Desconforto no tronco; PTWS – Tempo prolongado de trabalho em pé; ELL – Levantamento excessivo de carga; PS – Estresse psicossocial; MW – Trabalho monótono; LST – Baixa estimulação do trabalho em equipe; WUTD – Trabalho com prazos apertados; MD – Desconforto musculoesquelético; c – Termo de cópula; coef. – Coeficiente; p – valor p.

Apêndice A3. Resultado da heterogeneidade não observada

Críterios	2 Segmentos	3 Segmentos
AIC (Critério de Informação de Akaike)	2317,38	2510,77
AIC 3 (AIC modificado com fator 3)	2335,23	2407,07
AIC 4 (AIC modificado com fator 4)	2353,08	2435,51
BIC (Críterios de Informação Bayesianos)	2389,50	2355,00
CAIC (AIC consistente)	2407,35	2662,08
HQ (Crítério Hannan Quinn)	2345,88	2424,04
MDL5 (Comprimento mínimo da descrição com fator 5)	2820,77	3003,97
LnL (LogVerossimilhança)	-1140,84	-1096,38
EN (Estatística de Entropia (Normalizada)	0,249	0,482
NFI (Índice Não Fuzzy)	0,265	0,514
NEC (Crítério de Entropia Normalizada)	359,89	239,89

Referências

Al-Mekhlafi, A.-B.A., Isha, A.S.N., Al-Tahitah, A.N., Kineber, A.F., Al-Dhawi, B.N.S., Ajmal, M., 2023. Modelling the impact of driver work environment on driving performance among oil and gas heavy vehicles: SEM-PLS. *Saf. Now.* 9, 48. <https://doi.org/10.3390/safety9030048>

Althubaiti, A., 2016. Information bias in health research: definition, pitfalls, and adjustment methods. *J. Multidiscip. Healthc.* 2, 11. <https://doi.org/10.2147/jmdh.s104807>

Amarante, C.C. do, Resende, D.N., Broday, E.E., Picinin, C.T., 2023. Trends in study topics related to quality of life in Industry 4.0: a bibliometric analysis. *Work* 76(4), 1357–1372. <https://doi.org/10.3233/WOR-220637>

Amin, A.A., Vankar, J.R., Nimbalkar, S.M., et al., 2015. Perceived stress and professional quality of life in neonatal intensive care unit nurses in Gujarat, India. *Indian J. Pediatr.* 82, 1001–1005. <https://doi.org/10.1007/s12098-015-1794-3>

Asghari, E., Dianat, I., Abdollahzadeh, F., Mohammadi, F., Asghari, P., et al., 2019. Musculoskeletal pain in operating room nurses: associations with quality of work life, working posture, socio-demographic and job characteristics. *Int. J. Ind. Ergon.* 72, 330–337. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.06.009>

Babamohamadi, H., Davari, H., Safari, A.A., et al., 2023. The association between workload and quality of work life of nurses taking care of patients with COVID-19. *BMC Nurs.* 22, 234. <https://doi.org/10.1186/s12912-023-01395-6>

Barbosa, A.S., da Silva, L.B., Morioka, S.N., da Silva, J.M.N., de Souza, V.F., 2021. Item response theory-based validation of an integrated management system measurement instrument. *J. Clean. Prod.* 328, 129546. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129546>

Barbosa, A.S., Crispim, M.C., da Silva, L.B., da Silva, J.M.N., Barbosa, A.M., Morioka, S.N., 2024. How can organizations measure the integration of environmental, social, and governance (ESG) criteria? Validation of an instrument using item response theory to capture workers' perception. *Bus. Strat. Environ.* 1–28. <https://doi.org/10.1002/bse.3675>

Bathman, L.M., Almond, J., Hazi, A., Wright, B.J., 2013. Effort-reward imbalance at work and pre-clinical biological indices of ill-health: the case for salivary immunoglobulin A. *Brain Behav. Immun.* 33, 74–79. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2013.05.010>

Battini, D., Berti, N., Finco, S., Zennaro, I., Das, A., 2022. Towards industry 5.0: a multi-objective job rotation model for an inclusive workforce. *Int. J. Prod. Econ.* 250, 108619. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108619>

Becker, J.-M., Cheah, J.-H., Gholamzade, R., Ringle, C.M., Sarstedt, M., 2022. PLS-SEM's most wanted guidance. *Int. J. Contemp. Hospit. Manag.* 35, 321–346. <https://doi.org/10.1108/ijchm-04-2022-0474>

Beier, G., Matthess, M., Shuttleworth, L., Guan, T., Grudzien, D.I.O.P., et al., 2022. Implications of Industry 4.0 on industrial employment: a comparative survey from Brazilian, Chinese, and German practitioners. *Technol. Soc.* 70, 102028. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102028>

Benoit-Piau, J., Gaudreault, N., Massé-Alarie, H., Guptill, C., Fortin, S., Morin, M., 2024. Understanding musculoskeletal disorders in dancers: the role of lumbopelvic muscles and movement competency. *Phys. Ther. Sport* 69, 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2024.07.006>

Bergman, E., Löytyniemi, E., Myllyntausta, S., et al., 2020. Factors associated with quality of life and work ability among Finnish municipal employees: a cross-sectional study. *BMJ Open* 10, e035544. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-035544>

Bernard, B.P., Putz-Anderson, V., 1997. Musculoskeletal disorders and workplace factors: a critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. Series: DHHS pub. (NIOSH) 97-141, 1–590. Available at: https://stacks.cdc.gov/view/cdc/21745/cdc_21745_DS1.pdf

Bianco, D., Bueno, A., Godinho Filho, M., Latan, H., Ganga, G.M.D., et al., 2023. The role of Industry 4.0 in developing resilience for manufacturing companies during COVID-19. *Int. J. Prod. Econ.* 256, 108728. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108728>

Biemer, P.P., Groves, R.M., Lyberg, L.E., Mathiowetz, N.A., Sudman, S. (Eds.), 2013. *Measurement Errors in Surveys*, vol. 548. John Wiley & Sons.

Bispo, L.G.M., Moreno, C.F., de Silva, G.H.O., de Albuquerque, N.L.B., da Silva, J.M.N., 2022. Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: a study in the inner regions of Alagoas and Bahia. *Saf. Sci.* 153, 105804. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105804>

Bispo, L.G.M., Amaral, F.G., 2024. The impact of Industry 4.0 on occupational health and safety: a systematic literature review. *J. Saf. Res.* <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2024.04.009> (in press).

- BODIN, J. et al. Shoulder pain among male industrial workers: validation of a conceptual model in two independent French working populations. *Applied Ergonomics*, v. 85, p. 103075, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103075>. Acesso em: 3 maio 2025.
- BORGES, M. M. S. et al. Quality of life at work and burnout in family health strategy workers. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, v. 44, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-1447.2023.20220279>. Acesso em: 3 maio 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. LER e DORT são as doenças que mais acometem os trabalhadores, aponta estudo. 2019. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/45404-ler-e-dort-sao-as-doencas-que-mais-acometem-os-trabalhadores-aponta-estudo>. Acesso em: 3 maio 2025.
- BREI, V. A.; LIBERATI NETO, G. O uso da técnica de modelagem em equações estruturais na área de marketing: um estudo comparativo entre publicações no Brasil e no exterior. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 10, p. 131–151, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1415-65552006000400007>. Acesso em: 3 maio 2025.
- CAPODAGLIO, E. M. Occupational risk and prolonged standing work in apparel sales assistants. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 60, p. 53–59, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.11.010>. Acesso em: 3 maio 2025.
- CECERE, L. et al. Quality of life of critical care nurses and impact on anxiety, depression, stress, burnout and sleep quality: a cross-sectional study. *Intensive and Critical Care Nursing*, v. 79, p. 103494, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.iccn.2023.103494>. Acesso em: 3 maio 2025.
- CHANG, Y. F. et al. Work ability and quality of life in patients with work-related musculoskeletal disorders. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 9, p. 3310, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph17093310>. Acesso em: 3 maio 2025.
- CHIU, M. et al. Evaluating work ability and quality of life for clinical nurses in Taiwan. *Nursing Outlook*, v. 55, n. 6, p. 318–326, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.outlook.2007.07.002>. Acesso em: 3 maio 2025.
- CHUNG, M. K.; CHOI, K. Ergonomic analysis of musculoskeletal discomforts among conversational VDT operators. *Computers & Industrial Engineering*, v. 33, n. 3–4, p. 521–524, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(97\)00183-6](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(97)00183-6). Acesso em: 3 maio 2025.
- CNI – Confederação Nacional da Indústria. *Desafios para Indústria 4.0 no Brasil*. Brasília: CNI, 2016. (Special Survey 66). Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/>. Acesso em: 3 maio 2025.
- COHEN, J. et al. *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences*. New York: Routledge, 2013.
- CORDIOLI JUNIOR, J. R. et al. Quality of life and osteomuscular symptoms in workers of primary health care. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 73, n. 5, e20190054, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2019-0054>. Acesso em: 3 maio 2025.
- COUTO, M. F. et al. Measurement properties of a new quality of life measure for patients with work disability associated with musculoskeletal pain. *Journal of Occupational Rehabilitation*, v. 15, p. 295–312, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10926-005-5938-6>. Acesso em: 3 maio 2025.
- DARVISHI, E. et al. Subjective mental workload and its correlation with musculoskeletal disorders in bank staff. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, v. 39, n. 6, p. 420–426, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2016.05.003>. Acesso em: 3 maio 2025.
- DA SILVA, M. P. et al. Difficulties in quantifying financial losses that could be reduced by ergonomic solutions. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, v. 24, p. 415–427, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/hfm.20393>. Acesso em: 3 maio 2025.
- DA SILVA, F. X. et al. Quality of working life of professors in times of social distancing. *Revista Brasileira de Medicina do Trabalho*, v. 20, n. 1, p. 55–64, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.47626/1679-4435-2022-756>. Acesso em: 3 maio 2025.
- intention. *Technol. Forecast. Soc. Change* 168, 120763. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120763>.
- Lindner, T., Puck, J., Verbeke, A., 2020. Misconceptions about multicollinearity in international business research: identification, consequences, and remedies. *J. Int. Bus. Stud.* 51, 283–298. <https://doi.org/10.1057/s41267-019-00257-1>.
- Long, M.H., Johnston, V., Bogossian, F., 2012. Work-related upper quadrant musculoskeletal disorders in midwives, nurses and physicians: a systematic review of risk factors and functional consequences. *Appl. Ergon.* 43 (3), 455–467. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2011.07.002>.
- Lundberg, U., Granqvist, M., Hansson, t., Magnusson, M., Wallin, L., 1989. Psychological and physiological stress responses during repetitive work at an assembly line. *Work. Stress* 3 (2), 143–153. <https://doi.org/10.1080/02678378908256940>, 1989.
- Maakip, I., Keegel, T., Oakman, J., 2016. Prevalence and predictors for musculoskeletal discomfort in Malaysian office workers: investigating explanatory factors for a developing country. *Appl. Ergon.* 53 (Part A), 252–257. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.10.008>.
- apergo.2015.10.008. Macaluso, F., Macaluso, M., Daraiseh, N.M., 2021. The psychosocial work environment, musculoskeletal disorders and their functional consequences among pediatric healthcare providers. *Ann. Epidemiol.* 58, 76–82. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2021.02.015>.
- Machado, M.H., De Rezende Coelho, M.C., Pereira, E.J., Telles, A.O., Soares Neto, J.J., Ximenes Neto, F.R.G., Guimarães-Teixeira, E., Bembele, J.N., Da Silva, L.G., Vargas, F.L., 2023. Condições de Trabalho e Biossegurança Dos Profissionais de Saúde e Trabalhadores Invisíveis Da Saúde No Contexto Da COVID-19 No Brasil. *Ciência Saúde Coletiva* 28, 2809–2822. <https://doi.org/10.1590/1413-81232023281010072023>.
- Mamaghaniyeh, M., Sadeghi, M., Amani, S., 2019. The quality of working life among employees. *International Journal of Human Capital in Urban Management* 4 (3), 213–222. <https://doi.org/10.22034/IJHCUM.2019.03.06>.
- Marcatto, F., Colautti, L., Filon, F.L., Luis, O., Di Blas, L., et al., 2016. Work-related stress risk factors and health outcomes in public sector employees. *Saf. Sci.* 89, 274–278. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.07.003>.
- Masood, T., Sonntag, P., 2020. Industry 4.0: adoption challenges and benefits for SMEs. *Comput. Ind.* 121, 103261. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103261>.
- Mirshakari, H., Kahrzai, F., Shirazi, M., 2022. The effectiveness of Group schema therapy training on quality of work life and job satisfaction of Sistan and Baluchistan Electricity Emergency Employees in 2020. *Iran. Occup. Health* 19 (1), 113–137. <https://doi.org/10.52547/loh.19.1.113>.
- Mittal, S., Khan, M.A., Romero, D., Wuest, T., 2018. A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: implications for small and medium sized enterprises (SMEs). *J. Manuf. Syst.* 49, 194–214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>.
- Nag, et al., 2012. Risk factors and musculoskeletal disorders among women workers performing fish processing. *Am. J. Ind. Med.* 55, 833–843. <https://doi.org/10.1002/ajim.22075>.
- Nagaraj, T.S., Jeyapaul, R., Mathiyazhagan, K., 2019. Evaluation of ergonomic working conditions among standing sewing machine operators in Sri Lanka. *Int. J. Ind. Ergon.* 70, 70–83. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.01.006>.
- Nascimento, J.M.R.S., Bispo, L.G.M., da Silva, J.M.N., 2024. Risk factors for work-related musculoskeletal disorders among workers in Brazil. A structural equation model approach 99, 103551. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2024.103551>.
- Nazem, F., Madankar, A., Hosseinzadeh, A., 2014. Modeling social capital in banks based on quality of work life. *Adv. Environ. Biol.* 1371+. <https://link.gale.com/apps/doc/A375288238/AONE?u=anon-cfe70fde&sid=googleScholar&id=e513111b>.
- Neves, J.A.B., 2018. Modelo de equações estruturais: uma introdução aplicada. Escola Nacional de Administração Pública (Enap) 1, 8. Available at: <https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/3334>.
- Nygaard, N.-P.B., Thomsen, G.F., Rasmussen, J., Skadhauge, L.R., Gram, B., 2022. Ergonomic and individual risk factors for musculoskeletal pain in the ageing workforce. *BMC Publ. Health* 22. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14386-0>.
- Oliveira, B.C., Silva, V.M.B., Sousa, L.G.L.F., Shimizu, I.S., 2019. Musculoskeletal symptoms and quality of life among workers at an intensive care unit in Teresina, Piauí, Brazil. *Rev Bras Med Trab.* 17 (4). <https://doi.org/10.5327/Z1679443520190381.567-572>.
- Park, S., Gupta, S., 2012. Handling endogenous regressors by joint estimation using copulas. *Market. Sci.* 31 (4), 567–586. <http://www.jstor.org/stable/41687947>.
- Paulhus, D.L., 1991. Measurement and control of response bias. In: Robinson, J.P., Shaver, P.R., Wrightsman, L.S. (Eds.), *Measures of Personality and Social Psychological Attitudes*. Academic Press, San Diego, CA. Pejtersen, J.H., Kristensen, T.S., Borg, V., Bjørner, J.B., 2010. The second version of the Copenhagen Psychosocial Questionnaire. *Scand. J. Publ. Health* 38 (3 Suppl. 1), 8–24. Rasoulivalajoozi, M., Rasouli, M., Cucuzzella, C., Kwok, T.H., 2023. Prevalence of musculoskeletal disorders and postural analysis of beekeepers. *Int. J. Ind. Ergon.* 98, 103504. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2023.103504>.
- Rasoolimanesh, S.M., 2022. Discriminant validity assessment in PLS-SEM: a comprehensive composite-based approach. *Data Anal. Perspectives J.* 3 (2), 1–8. Available at: https://scriptwarp.com/dapi/2022_DAPJ_3_2/Rasoolimanesh_2022_DAPJ_3_2_DiscriminantValidity.pdf.
- Rathore, B., Pundir, A.K., Iqbal, R., 2020. Ergonomic risk factors in glass artware industries and prevalence of musculoskeletal disorder. *Int. J. Ind. Ergon.* 80, 103043. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2020.103043>.
- Ribeiro, N.F., Fernandes, R. de C.P., Solla, D.J.F., Santos Junior, A.C., Sena Junior, A.S. de, 2012. Prevalência de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho em profissionais de enfermagem. *Rev. Bras. Epidemiol* 15 (2), 429–438. <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2012000200020>.
- Rigdon, E.E., Sarstedt, M., Ringle, C.M., 2017. On comparing results from CB-SEM and PLS-SEM: five perspectives and five recommendations. *Marketing ZFP* 39, 4–16. <https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8>.
- Ringle, C.M., Wende, S., Will, A., 2010. Finite mixture partial least squares analysis: methodology and numerical examples. In: Esposito Vinzi, V., Chin, W.W., Henseler, J., Wang, H. (Eds.), *Handbook of Partial Least Squares: Concepts, Methods and Applications* (Springer Handbooks of Computational Statistics Series, vol. 2. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, NY, pp. 195–218. Ringle, C.M., Wende, S., Becker, J.-M., 2022. SmartPLS 4.* Oststeinbek. SmartPLS GmbH. Available at: <http://www.smartpls.com>.
- Rodeghiero Neto, I., Amaral, F.G., 2020. Identification and estimation of physiological workload in nursing: concepts, methods and gaps in the literature. *Int. J. Ind. Ergon.* 80, 103016. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2020.103016>.
- Roquelaure, Y., Garlandt' ezec, R., Evanoff, B.A., Descatha, A., Fassiher, J.-B., Bodin, J., 2019. Personal, biomechanical, psychosocial, and organizational risk factors for carpal tunnel Syndrome: a structural equation modeling approach. *Pain* 161, 749–757. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001766>.
- Roquelaure, Y., Petit, A., Fouquet, B., Descatha, A., 2014. Pathologies professionnelles musculo-squelettiques: priorité à la prévention et la coordination des prises en charge. *Rev. Prat.* 64 (3), 350–357. Available at: <https://univ-angers.hal.science/hal-03391121>.
- 19 J.M.N. Silva et al. *International Journal of Industrial Ergonomics* 104 (2024) 103658 Roux, C.H., Guillemin, F., Boini, S., et al., 2005. Impact of musculoskeletal disorders on quality of life: an inception cohort study. *Annals of the Rheumatic Diseases* 64, 606–611. <https://doi.org/10.1136/ard.2004.020784>.
- Rubio-Andrés, M., Ramos-González, M., Del, M., Miguel Ángel Sastre-Castillo, M.A., Gutiérrez-Broncano, S., 2023. Stakeholder pressure and innovation capacity of SMEs in the COVID-19 pandemic: mediating and multigroup analysis. *Technol. Forecast. Soc. Change* 190, 122432. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122432>.
- Russell, J.A., Benedetto, R.L., 2014. Perceived musculoskeletal discomfort among elementary, middle, and high school string players. *J. Res. Music Educ.* 62 (3), 259–276. <https://doi.org/10.1177/0022429414543307>.
- Sabonete, S.A., Lopes, H.S.C., Rosado, D.P., Reis, J.C.G.D., 2021. Quality of work life according to Walton's model: case study of the higher institute of defense studies of Mozambique. *Soc. Sci.* 10, 244. <https://doi.org/10.3390/socsci10070244>.
- Salehi, M., Seyyed, F., Farhangdoust, S., 2020. The impact of personal characteristics, quality of working life and psychological well-being on job burnout among Iranian external auditors. *Int. J. Organ. Theor. Behav.* 23 (3), 189–205. <https://doi.org/10.1108/IJOTB-09-2018-0104>.
- Sarstedt, M., Becker, J.M., Ringle, C.M., Schwaiger, M., 2011. Uncovering and treating unobserved heterogeneity with FIMIX-PLS: the model selection criterion provides an appropriate number of segments? *Schmalenbach Business Rev.* 63, 34–62. <https://doi.org/10.1007/BF03396886>.
- Sarstedt, M., Ringle, C.M., Hair, J.F., 2017a. Partial least squares structural equation modeling. In: Homburg, C., Klarmann, M., Vomberg, A. (Eds.), *Handbook of Market Research*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57413-4_15.
- Saltychev, M., Vastam'aki, H., Mattie, R., McCormick, Z., Vastam'aki, M., et al., 2016.

- Psychometric properties of the pain numeric rating scale when applied to multiple body regions among professional musicians. *PLoS One* 11 (9), e0161874. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161874>.
- Sarstedt, M., Mooi, E.A., 2019. A Concise Guide to Market Research: the Process, Data, and Methods Using IBM SPSS Statistics. Springer, Heidelberg. Sarstedt, M., Hair Jr, J.F., Cheah, J.H., Becker, J.M., Ringle, C.M., 2019. How to specify, estimate, and validate higher-order constructs in PLS-SEM. *Australas. Market J.* 27 (3), 197–211. <https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2019.05.003>.
- Sarstedt, M., Ringle, C.M., Hair, J.F., 2017b. Treating unobserved heterogeneity in PLS SEM: a multi-method approach. Partial least squares path modeling: Basic concepts, methodological issues and applications 197–217. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64069-3_9.
- Sauter, S.L., Schliefer, L.M., Knutson, S.J., 1991. Work posture, workstation design, and musculoskeletal discomfort in a VDT data entry task. *Hum. Factors* 33 (2), 151–167. <https://doi.org/10.1177/001872089103300203>.
- Schall, M.C., Fethke, N.B., Chen, H., 2016. Working postures and physical activity among registered nurses. *Appl. Ergon.* 54, 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.01.008>.
- Serafim, R., Bispo, L.G.M., Silva, J.M.N., 2024. Dimensional assessment of self-reported musculoskeletal symptoms by workers: a multi-case study. *Work*, Pre-press, no. Pre press 1–12. <https://doi.org/10.3233/WOR-230480>.
- Sezer, B., Kartal, S., Siddiko^glu, D., et al., 2022. Association between work-related musculoskeletal symptoms and quality of life among dental students: a cross sectional study. *BMC Musculoskel. Disord.* 23, 41. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-04998-3>.
- Shahbazi, B., Shokrzadeh, S., Bejani, H., Malekinia, E., Ghoroneh, D., 2011. A survey of relationship between the quality of work life and performance of department chairpersons of esfahan university and esfahan medical science university. *Procedia Social Behav. Sci.* 30, 1555–1560. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.10.302>.
- Shively, M., Rutledge, T., Rose, B.A., Graham, P., Long, R., et al., 2010. Real-time assessment of nurse work environment and stress. *J. Healthc. Qual.* 33 (1), 39–48. <https://doi.org/10.1111/j.1945-1474.2010.00093.x>.
- Siegrist, J., 1996. Adverse health effects of high-effort/low-reward conditions. *J. Occup. Health Psychol.* 1 (1), 2741. <https://doi.org/10.1037/1076-8998.1.1.27>.
- Silva, J.M.N.da, Silva, L.B.da, Gontijo, L.A., 2017. Relationship between psychosocial factors and musculoskeletal disorders in footwear industry workers. *Production* 27, e20162315. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.231516>.
- Silva, J.M.N., Gontijo, L.A., Bornia, A.C., da Silva, L.B., dos Santos Leite, W.K., de Araujo Vieira, E.M., Torres, M.G.L., 2020. Construction of an osteomuscular discomfort scale for the upper region of the body of footwear industry workers. *Int. J. Ind. Ergon.* 80, 103048. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2020.103048>.
- Silva, J.M.N., Gontijo, L.A., Bornia, A.C., Silva, L., Leite, W.K., dos, S., Vieira, E.M. de A., 2021. Evaluation of musculoskeletal discomfort using item response theory: creation of a scale based on the self-reported pain symptoms. *Ergonomics* 64 (2), 241–252. <https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1825823>.
- Silva, O. F. da, da Silva, J.M.N., Silva, L.K.D., Lima, T.D.F.M., Bornia, A.C., et al., 2022. Do men and women have different musculoskeletal symptoms at the same musculoskeletal discomfort level? *Ergonomics* 65 (11), 1486–1508. <https://doi.org/10.1080/00140139.2022.2088854>.
- Silva, I.L., Souza, E.R.M., Silva, L.K.D., Silva, A.T.C., Silva, J.M.N., 2022. Effects of multiple risk factors on upper limb musculoskeletal disorders among workers in inner Brazil. *Work* 72 (3), 885–900. <https://doi.org/10.3233/WOR-210752>.
- Solidaki, E., Chatzi, L., Bitsios, P., Markatzi, I., Plana, E., Castro, F., Palmer, K., Coggon, D., Kogevinas, M., 2010. Work-related and psychological determinants of multisite musculoskeletal pain. *Scand. J. Work. Environ. Health* 36 (1), 54–61. <https://doi.org/10.5271/sjweh.2884>.
- Sorensen, C.J., George, S.Z., Callaghan, J.P., Van Dillen, L.R., 2016. Psychological factors are related to pain intensity in back-healthy people who develop clinically relevant pain during prolonged standing: a preliminary study. *PM&R* 8, 1031–1038. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2016.02.013>.
- Stephens, R., 1972. The truthfulness of addict respondents in research projects. *Int. J. Addict.* 7 (3), 549–558. <https://doi.org/10.3109/10826087209028107>.
- Streukens, S., Leroi-Werelds, S., 2016. Bootstrapping and PLS-SEM: a step-by-step guide to get more out of your bootstrap results. *Eur. Manag. J.* 34 (6), 618–632. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2016.06.003>.
- Tama, R.A.Z., Hoque, M.M., Liu, Y., Alam, M.J., Yu, M., 2023. An application of partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) to examining farmers' behavioral attitude and intention towards conservation agriculture in Bangladesh. *Agriculture* 13, 503. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020503>.
- Thetkathuek, A., Meepradit, P., 2018. Work-related musculoskeletal disorders among workers in an MDFurniture factory in eastern Thailand. *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* 24 (2), 207–217. <https://doi.org/10.1080/10803548.2016.1257765>.
- Thetkathuek, A., Meepradit, P., Sa-ngiamsak, T., 2018. A cross-sectional study of musculoskeletal symptoms and risk factors in Cambodian fruit farm workers in eastern region, Thailand. *Safety and Health at Work* 9 (2), 192–202. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2017.06.009>.
- Timossi, L.S., Pedroso, B., Pilatti, L.A., de Francisco, A.C., 2009. Walton's model adaptation for quality of work life evaluation. *J. Phys. Educ.* 20 (3), 395–405. <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevEducFis/article/view/5780>.
- Timossi, L.S., Francisco, A.C., Santos Junior, G., Xavier, A.A.P. (201). Análise Da Qualidade de Vida No Trabalho de Colaboradores Com Diferentes Níveis de Instrução Através de Uma Análise de Correlações. *Production*, 20, 471–480. <https://doi.org/10.1590/s0103-65132010005000031>.
- Vargas-Prada, S., Coggon, D., 2015. Psychological and psychosocial determinants of musculoskeletal pain and associated disability. *Best Pract. Res. Clin. Rheumatol.* 29 (3), 374–390. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2015.03.003>.
- Vega-Fernández, G., Lera, L., Leyton, B., Cortés, P., Lizana, P.A., 2021. Musculoskeletal disorders associated with quality of life and body composition in urban and rural public school teachers. *Front. Public Health* 9, 607318. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.607318>.
- Viegas, L.R.T., de Almeida, M.M.C., 2016. Epidemiological profile of work-related musculoskeletal disorders cases among industry workers in Brazil between 2007 and 2013. *Rev Bras Saude Ocup* 41, e22. <https://doi.org/10.1590/2317-6369000130615>.
- Walton, R.E., 1973. Quality of working life: what is it. *Sloan Manag. Rev.* 15 (1), 11–21. Wei, H., Sewell, K.A., Woody, G., Rose, M.A., 2018. The state of the science of nurse work environments in the United States: a systematic review. *Int. J. Nurs. Sci.* 5 (3), 287–300. <https://doi.org/10.1016/j.ijnss.2018.04.010>.
- Westgaard, R.H., Winkel, J., 2011. Occupational musculoskeletal and mental health: significance of rationalization and opportunities to create sustainable production systems – a systematic review. *Appl. Ergon.* 42 (2), 261–296. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.07.002>.
- Whittaker, T.A., Schumacker, R.E., 2022. A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling. Routledge, p. 418. ISBN 9780367477967.
- Widanarko, B., Legg, S., Devereux, J., Stevenson, M., 2014. The combined effect of physical, psychosocial/organisational and/or environmental risk factors on the presence of work-related musculoskeletal symptoms and its consequences. *Appl. Ergon.* 45 (6), 1610–1621. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.05.018>.
- Wijnhoven, H.A., de Vet, H.C., Picavet, H.S., 2006. Prevalence of musculoskeletal disorders is systematically higher in women than in men. *Clin. J. Pain* 22 (8), 717724. <https://doi.org/10.1097/01.aip.0000210912.95664.53>.
- World Health Organization, 2022. Musculoskeletal health. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>. Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., Wang, L., 2021. Industry 4.0 and industry 5.0—inception, conception and perception. *J. Manuf. Syst.* 61, 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>.
- Yang, F., Di, N., Guo, Ww, et al., 2023. The prevalence and risk factors of work related musculoskeletal disorders among electronics manufacturing workers: a cross sectional analytical study in China. *BMC Publ. Health* 23, 10. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14952-6>.
- Yazdanirad, S., Pourtaghi, G., Raei, M., Ghasemi, M., 2022. Developing and validating the personal risk assessment of musculoskeletal disorders (PRAMUD) tool among workers of a steel foundry. *Int. J. Ind. Ergon.* 88, 103276. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2022.103276>.
- Yeung, S.S., Genaidy, A., Deddens, J., Sauter, S., 2005. The relationship between protective and risk characteristics of acting and experienced workload, and musculoskeletal disorder cases among nurses. *J. Saf. Res.* 36 (10), 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2004.12.002>.
- Yu, S., Lu, M.L., Gu, G., Zhou, W., He, L., Wang, S., 2012. Musculoskeletal symptoms and associated risk factors in a large sample of Chinese workers in Henan province of China. *Am. J. Ind. Med.* 55 (3), 281293. <https://doi.org/10.1002/ajim.21037>.
- Yue, P., Xu, G., Li, L., Wang, S., 2014. Prevalence of musculoskeletal symptoms in relation to psychosocial factors. *Occup. Med.* 64 (3), 211–216. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqu008>.
- Zaghini, F., et al., 2023. Work-related stress, job satisfaction, and quality of work life among cardiovascular nurses in Italy: structural equation modeling. *Appl. Nurs. Res.* 72, 151703. <https://doi.org/10.1016/j.apnr.2023.151703>.
- Zakerian, A.S., Subramaniam, I.D., 2011. Examining the relationship between psychosocial work factors and musculoskeletal discomfort among computer users in Malaysia. *Iran. J. Public Health* 40 (1), 72–79. PMID:PMC3481727. Zare, M., Bodin, J., Cercier, E., Brunet, R., Roquelaure, Y., 2015. Evaluation of ergonomic approach and musculoskeletal disorders in two different organizations in a truck assembly plant. *Int. J. Ind. Ergon.* 50, 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2015.09.009>.

4. CONCLUSÃO

Este estudo validou um modelo que examina a relação sequencial entre fatores de risco ocupacionais, sintomas de DORT e QVT. O modelo demonstrou propriedades psicométricas satisfatórias tanto para mensurar quanto para relacionar fatores. Evidências indicam que um ambiente com baixos riscos psicossociais pode aliviar o estresse ocupacional. Além disso, fatores organizacionais foram identificados como potenciais estressores. Da mesma forma, nem todos os fatores biomecânicos impactam diretamente os sintomas de DORT, principalmente quando as demandas físicas do trabalho mediam entre riscos biomecânicos e sintomas musculoesqueléticos. Além disso, o estresse e as demandas físicas do trabalho contribuem diretamente para DORT. Por fim, o DORT reduz a QVT geral percebida pelos trabalhadores.

Estudos futuros podem considerar variações do modelo apresentado neste artigo, incluindo outros fatores ocupacionais específicos para determinadas ocupações e diferentes regiões geográficas. Além disso, é possível considerar fatores não ocupacionais e riscos ambientais no mesmo modelo. Eles também poderiam analisar a causalidade reversa na relação entre fatores psicossociais e estresse para verificar se indivíduos com menores níveis de estresse percebem seu ambiente psicossocial de forma mais positiva, o que poderia ter sido explorado neste artigo. Recomenda-se que estudos longitudinais considerem consequências mais negativas dos DORT e não se limitem a coletar dados com base nas percepções dos trabalhadores. Estudos futuros também devem buscar validar as respostas autorrelatadas em diversas fontes de dados internas ou externas, além de trabalhar com coleta de dados em períodos mais curtos, para minimizar a chance de desejabilidade social e viés de memória. Além disso, Althubaiti (2016) sugere o uso de questionários como a Escala de Desejabilidade Social Marlowe-Crowne (Crowne e Marlowe, 1960) ou o escore de Motivação de Aprovação Martin-Larsen (Paulhus, 1991) para identificar e mensurar aspectos da desejabilidade social de informações autorrelatadas.