Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Pamela Consuelo Castro e Sant'Anna

Influência da Estratégia de Coleta de Resíduos Urbanos nas Lesões Musculoesqueléticas relacionadas com o Trabalho

outubro de 2025

Pamela Sant' Anna

Influência da Estratégia de Coleta de Resíduos Urbanos nas Lesões Musculoesqueléticas relacionadas com o Trabalho

UMinho | 2025

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Pamela Consuelo Castro e Sant'Anna

Influência da Estratégia de Coleta de Resíduos Urbanos nas Lesões Musculoesqueléticas relacionadas com o Trabalho

Tese de Doutoramento Engenharia Industrial e de Sistemas

Trabalho efetuado sob a orientação do(a)

Professor Doutor Nélson Costa

Professor Doutor Pedro Arezes

Professora Doutora Eliane Lago

outubro de 2025

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Atribuição
CC BY

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

AGRADECIMENTOS

A Deus, quem me fortaleceu e supriu todas as minhas necessidades durante o todo o tempo. Agradeço pela sua graça e amor incondicional.

Dedico esta tese à minha mãe, que sempre acreditou em mim, mesmo antes de todos, e foi a primeira a ver que este sonho poderia se tornar realidade. Sua fé, suas orações constantes e seu apoio incondicional me sustentaram, mesmo diante da imensa saudade causada pela distância. Esta conquista também é sua.

Às minhas irmãs, que são minha fonte constante de inspiração, incentivo e apoio incondicional. Ao meu sobrinho, por me encher de amor e carinho em cada gesto e momento compartilhado.

Ao Instituto Federal de Pernambuco, meu agradecimento por acreditar neste projeto e torná-lo possível. Estendo minha gratidão a todos os colegas, docentes e servidores administrativos do Curso de Segurança do Trabalho, que me apoiaram de forma constante e generosa ao longo de toda a realização deste curso.

Ao Professor Doutor Nélson Costa, minha sincera gratidão por sua orientação dedicada em todas as etapas do desenvolvimento deste estudo. Com competência, maestria e incansável disposição, contribuiu de forma essencial para a superação dos desafios encontrados ao longo do caminho. Seu otimismo, paciência e comprometimento foram fundamentais na busca de soluções e no atendimento a todas as demandas necessárias para a realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Pedro Arezes, da Universidade do Minho, meu agradecimento sincero por todo o suporte prestado durante a construção desta tese. Sua orientação, conselhos valiosos, disponibilidade e atenção foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Doutor Béda Barkokébas Júnior, da Universidade de Pernambuco, *in memoriam*, minha eterna gratidão pelo incentivo, confiança e dedicação. Mesmo nos últimos dias de sua vida, esteve presente, sempre disponível para orientar e aconselhar com generosidade e sabedoria. Meu sincero agradecimento por tudo o que representou na minha trajetória acadêmica e pessoal.

A Professora Doutora Eliane Lago da Universidade de Pernambuco, quem aceitou a nobre missão de orientar-me quando o curso estava em andamento. E com destreza, abraçou-me durante todo o tempo.

Aos colegas do Laboratório de Ergonomia da UMinho e todos que contribuíram como voluntários no desenvolvimento do estudo.

Agradeço a todos os professores e pesquisadores do LSHT, da Universidade de Pernambuco, pelo incentivo contínuo em aprofundar meus estudos sobre a atividade de coleta de resíduos urbanos. Essa trajetória teve início em 2018, no Brasil, por meio do projeto de pesquisa coordenado pela Professora Eliane Lago, que foi a principal motivação para que eu seguisse investigando essa temática tão relevante. Sou grata pela confiança e pela oportunidade de integrar essa equipe comprometida com o conhecimento e com a sociedade.

Ao Departamendo de Serviços Urbanos e Ambiente da Câmara Municipal de Guimarães, em especial as Engenheiras Dalila Sepúlveda e Liliana Alves, e o Encarregado Sr. Diniz, os quais se dispuseram em colaborar com a pesquisa, bem como a todos os colaboradores que participaram do estudo.

A Gestão dos Municípios de Fafe e Felgueiras, em especial ao Engenheiro João Costa, o qual nos concedeu o privilégio de darmos continuidade ao estudo em seu município.

A todos os colaboradores da FCC *Environmental Services* e aos chefes de serviço Engenheiro Rúben Cavaco e Jorge Sousa, pela disposição em ajudar no desenvolvimento do estudo, pelo acompanhamento incessante em cada visita realizada e colaboração no fornecimento dos dados.

Aos professores do Departamento de Engenharia Industrial e de Sistemas que auxiliaram no desenvolvimento da pesquisa.

A secretária Alexandra Fernandes e ao técnico de informática Luís Coutinho por sempre estarem prontos em ajudar com gentileza e celeridade.

As fisioterapeutas Elisa Almeida da Fisiovive – Fisioterapia e Saúde e Diná de Morais da Bela Mel Estúdio Boutique de Pilates e Treinamento Funcional, as quais estiveram sempre dispostas em compartilhar seus conhecimentos.

As amizades construídas em Guimarães, que sempre estiveram prontas em colaborar e contribuir de alguma forma com o estudo. Obrigada pelo apoio, a atenção e disponibilidade em ajudar.

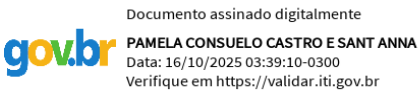
DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mas declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho

Pamela Consuelo Castro e Sant'Anna



INFLUÊNCIA DA ESTRATÉGIA DE COLETA DE RESÍDUOS URBANOS NAS LESÕES MUSCULOESQUELÉTICAS RELACIONADAS COM O TRABALHO

RESUMO

Os profissionais responsáveis pela coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU) estão sujeitos a diferentes fatores determinantes de riscos ocupacionais. Dependendo do método de coleta, a atividade pode proporcionar o risco de Lesões Musculoesqueléticas Relacionadas com o Trabalho (LMERT). O objetivo deste trabalho foi identificar qual método de coleta manual proporciona menor risco de LMERT, e propor um método que minimize os esforços exercidos durante a atividade. A metodologia deste trabalho foi subdividida em três etapas. Na primeira etapa, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema, enquanto a segunda etapa consistiu em uma análise de campo, conduzida por meio de visitas técnicas e acompanhamento das atividades de coleta realizadas por trabalhadores de três municípios: Guimarães, Fafe e Felgueiras. Nessa etapa, foram aplicados o questionário para coleta de dados psicofísicos, o Questionário Nórdico Musculoesquelético (NMQ) e a escala de esforço percebido de Borg em 54 trabalhadores, além do monitoramento da frequência cardíaca (FC) em 32 participantes. Na terceira etapa, 10 voluntários da Universidade do Minho — entre estudantes e trabalhadores — simularam a atividade de coleta de resíduos em ambiente laboratorial, para análise cinemática e eletromiográfica (EMG). Os resultados encontrados mostraram que dos 54 trabalhadores investigados, 46 (85,2%) apresentaram sintomas de dor e desconforto nos últimos 12 meses. As regiões com maior prevalência de LMERT, nos últimos 12 meses, foram a região lombar (65%), ombros (63%), joelhos (50%), punhos e mãos (33%) e tornozelos e pés (24%). A carga cardiovascular (CCV) encontrada através do monitoramento da FC foi classificada como moderadamente pesada e pesada em 17,6% dos trabalhadores. As tarefas de empurrar contentor, levantar, carregar e lançar sacos, foram classificadas como moderadas, com base na escala de Borg. Os resultados da análise postural e EMG mostram que os diferentes métodos se complementam e reforçam a evidência de que a atividade de coleta de resíduos envolve risco alto de lesão musculoesquelética e ativação muscular significativa em regiões críticas. Conclui-se que o município que possui a coleta de resíduos predominantemente manual, possui maior prevalência de LMERT na região lombar. Para minimizar a exposição ao risco de LMERT, recomenda-se a coleta mecanizada com contentores de 4 rodas, em equipes com dois sujeitos.

PALAVRAS-CHAVE: Análise postural. Coleta porta-a-porta. Eletromiografia de Superfície. Prevalência de lesões.

INFLUENCE OF THE URBAN WASTE COLLECTION STRATEGY ON WORK-RELATED MUSCULOSKELETAL INJURIES

ABSTRACT

Professionals responsible for collecting municipal solid waste (MSW) are subject to various occupational risk factors. Depending on the collection method, this activity may pose a risk of work-related musculoskeletal disorders (WMSDs). The aim of this study was to identify which manual collection method poses the lowest risk of WMSDs and to propose a method that minimizes the effort required during the activity. The methodology of this study was divided into three stages. In the first stage, a literature review on the topic was conducted, while the second stage consisted of a field analysis, conducted through technical visits and monitoring of collection activities carried out by workers in three municipalities: Guimarães, Fafe, and Felgueiras. In this stage, a questionnaire for collecting psychophysical data, the Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ), and the Borg perceived exertion scale were applied to 54 workers, in addition to monitoring the heart rate (HR) of 32 participants. In the third stage, 10 volunteers from the University of Minho—including students and workers—simulated waste collection activities in a laboratory environment for kinematic and electromyographic (EMG) analysis. The results showed that of the 54 workers investigated, 46 (85.2%) had experienced symptoms of pain and discomfort in the last 12 months. The regions with the highest prevalence of WMSDs in the last 12 months were the lower back (65%), shoulders (63%), knees (50%), wrists and hands (33%), and ankles and feet (24%). The cardiovascular load (CVL) found through HR monitoring was classified as moderately heavy and heavy in 17.6% of workers. The tasks of pushing containers, lifting, carrying, and throwing bags were classified as moderate based on the Borg scale. The results of the postural and EMG analysis show that the different methods complement each other and reinforce the evidence that waste collection involves a high risk of musculoskeletal injury and significant muscle activation in critical regions. It is concluded that municipalities with predominantly manual waste collection have a higher prevalence of MSDs in the lumbar region. To minimize exposure to the risk of MSDs, mechanized collection with 4-wheel containers, in teams of two people, is recommended.

Keywords: Door-to-door collection. Postural analysis. Prevalence of injuries. Surface electromyography.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS iii

RESUMO vi

ABSTRACT vii

ÍNDICE GERAL viii

LISTA DE FIGURAS xiv

LISTA DE TABELAS xvi

Capítulo 1 - Introdução e Motivação 1

1.1 Contextualização 1

1.2 Problematização e justificativa 3

1.3 Hipótese 4

1.4 Objetivos 4

1.4.1 Objetivos geral 4

1.4.2 Objetivos específicos 4

1.5 Estrutura do Trabalho 4

Capítulo 2 - Enquadramento Técnico e Revisão Bibliográfica 6

2.1 Atividade de Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos – Contextualização 6

2.1.1 Instrumentos normativos na Europa e em Portugal 6

2.1.2 Produção de Resíduos e Coleta de RSU em Portugal 8

2.1.3 Métodos de Coleta por município estudado 11

2.1.3.1 Guimarães 11

2.1.3.2 Fafe 13

2.1.3.3 Felgueiras 15

2.2 LMERT na Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos 16

2.2.1 Fatores de Risco de LMERT 18
2.2.2 Lesões Musculoesquelética em Trabalhadores de Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos 23
2.3 Ferramentas de Análise de Lesões Musculoesquelética 26
2.3.1 Avaliação sintomatológica de LMERT 27
2.3.2 Avaliação de Esforço Percebido de Borg 27
2.3.3 Técnicas de avaliação postural 28
2.3.4 Análise Cinemática 30
2.3.5 Eletromiografia de Superfície 31
2.4 Fator Fisiológico - Frequência Cardíaca 32
Capítulo 3 - Metodologia 34
3.2 Caracterização dos sujeitos 34
3.3 Estudo de campo 35
3.3.1 Entrevista e questionário sociodemográfico 35
3.3.2 Estudo sintomatológico de LMERT 36
3.3.3 Frequência cardíaca 37
3.4 Trabalho laboratorial 41
3.4.1 Descrição das tarefas simuladas em laboratório. 41
3.4.2 Estudo analítico cinemático e REBA 44
3.4.3 Estudo da Eletromiografia de Superfície (EMG) 47
Capítulo 4 – Resultados e discussão 54
4.1 Caracterização do local do estudo 54
4.1.1 Guimarães 54
4.1.2 Fafe 59
4.1.3 Felgueiras 60
4.2 Características dos sujeitos 68

4.3. Prevalência de sintomatologia de LMERT 70
4.4 Percepção dos trabalhadores ao esforço – escala de Borg 82
4.5 Frequência Cardíaca 83
4.6 Análise em Laboratório 89
4.6.1 Caracterização do estudo em laboratório 90
4.6.2 Resultados da Análise Cinemática do Movimento e do REBA 90
4.6.3 Resultados da Eletromiografia de Superfície 92
4.7 Discussão 114
Capítulo 5 - Conclusões e Perspectiva de trabalhos futuros 120
5.1 Conclusões 120
5.2 Limitações do estudo e perspectivas de trabalhos futuros 123
Referências 125
APÊNDICE I 133
Questionário para levantamento de dados Psicofísicos 133
APÊNDICE II 118
Termo de consentimento livre e esclarecido 118
APÊNDICE III 120
Protocolo experimental da Análise Cinemática do Movimento – XSENS 120
APÊNDICE IV 124
Termo de consentimento livre e esclarecido para os testes de EMG 124
APÊNDICE V 126
Protocolo de coleta e processamento de dados EMG 126
APÊNDICE VI 130
Ficha de Registro de dados dos testes de EMG e ACM 130

ISTA DE ABREVIATURAS

APA – Agência Portuguesa de Ambiente

BPM – Batimentos Por Minuto

C2RDD - Contentor de 2 rodas em terreno com desnível por degrau

C2RMR - Contentor de 2 rodas em terreno de mesmo nível

C2RDR - Contentor de 2 rodas em terreno com desnível por rampa

C4RDD – Contentor de 4 rodas em terreno com desnível por degrau

C4RMN - Contentor de 4 rodas em terreno de mesmo nível

C4RDR - Contentor de 4 rodas em terreno com desnível por rampa

CCV - carga cardiovascular

CE – Comunidade Europeia

CEE - Comunidade Econômica Europeia

CIMV - Contração Isométricas Máxima Voluntária

CMG – Câmara Municipal de Guimarães

DGS – Direção Geral de Saúde

DP – Desvio Padrão

EMG - Eletromiografia de superfície

EU - Europa

FC – Frequência Cardíaca

FCL - Frequência Cardíaca Limite

FCM - Frequência Cardíaca Máxima

FCR - Frequência Cardíaca Repouso

FCT - Frequência Cardíaca de Trabalho

HTC – duração do trabalho

ILD - Iliocostal Direito

ILE – Iliocostal Esquerdo

IMC – índice de Massa Corporal

INE – Instituto Nacional de Estatística

L - Litros

LGD - Longuíssimo Direito

LGE – Longuíssimo Esquerdo

LMERT – Lesões Musculoesqueléticas Relacionadas com o Trabalho

MFD - Multífido Esquerdo

MFE – Multífido Esquerdo

MMC - Movimentação Manual de Cargas

MVC – Máxima Contração Voluntária

NACE - Nomenclatura das Atividades Económicas

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health

NMQ - Nordic Musculoskeletal Questionnaire

ODS - Objetivos Desenvolvimento Sustentável

OWAS - Ovako Working Posture Analysing System

PRISMA - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

REBA - Rapid Entire Body Assessment

RPE - Rating of Perceived Exertion

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

RU – Resíduos Urbanos

RULA - Rapid Upper-Limb Assessment

SENIAM - Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles

SGRU - Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos

t – Tonelada

TR - Tempo de Repouso

TSD - Trapézio Superior Direito

TSE – Trapézio Superior Esquerdo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Resíduos urbanos recolhidos e capitação (kg/ hab.), em Portugal, ano 2019-2023. 8
Figura 2. Proporção de recolha indiferenciada e seletiva no total de RU coletados em Portugal, ano 2019. 9
Figura 3. Tipo de material reciclável recolhido em Portugal em 2023. 10
Figura 4. Mapa da região norte de Portugal. 11
Figura 5. Resíduos urbanos recolhidos (%) no município de Guimarães por tipo de material reciclável, em 2023. 12
Figura 6.Resíduos urbanos recolhidos (%) no município de Fafe por tipo de material reciclável, 2023. 14
Figura 7. Resíduos urbanos recolhidos (%) no município de Felgueiras por tipo de material reciclável, em 2023. 15
Figura 8. Fluxograma da Revisão sistemática. 20
Figura 9. Métodos de coleta de resíduos analisados pelos artigos. 23
Figura 10. Região corporal mais estudada/afetada. 24
Figura 11. Técnicas de análise ergonômica utilizadas nos artigos estudados. 26
Figura 12. Balança digital Hoffen 36
Figura 13. Tic Smart Watch, modelo S2. 38
Figura 14. Etapas da coleta de resíduos. 40
Figura 15. Simulação da atividade com contentor de duas rodas em rampa, contentor de quatro rodas em desnível e em superfície nivelada. 44
Figura 16. Indicações dos diferentes segmentos no avatar. 46
Figura 17. Participante voluntário usando XSENS no laboratório. 46
Figura 18. Eletromiógrafo Bioplux 47
Figura 19. Representação do músculo multífido. 48
Figura 20.Representação dos músculos iliocostal e longuíssimo. 48
Figura 21. Músculo do Trapézio Superior. 49
Figura 22. Representação da coluna vertebral posterior. 50
Figura 23. Voluntários com os eletrodos de EMG 51
Figura 24. Coleta com uso do Bidão 56

Figura 25. Ecoponto, molok semienterrado e ecoponto enterrado. 56
Figura 26. Grade para armazenamento de resíduo 58
Figura 27. Suporte improvisado para colocação de sacos. 58
Figura 28.Caminhão com grua utilizado na coleta de contentor semienterrado 62
Figura 29. Coleta com caminhão com grua. 63
Figura 30. Tarefas realizadas durante a coleta de resíduos 67
Figura 31. Prevalência de sintomatologia de LMERT nos últimos 12 meses e nos últimos 7 dias 71
Figura 32. Prevalência de LMERT nos últimos 12 meses por grupo de idade. 78
Figura 33. Prevalência de LMERT nos últimos 12 meses por obeso e não obeso. 79
Figura 34. Prevalência de LMERT nos últimos 12 meses por tempo de serviço. 81
Figura 35. Percepção subjetiva do esforço – Escala de Borg, nas etapas de execução da atividade 83
Figura 36. FC máx. e mín. conforme altitude geográfica no Município de Guimarães. . 87
Figura 37. FC máx. e mín. conforme altitude geográfica no Município de Fafe. . 88
Figura 38. FC máx. e mín. conforme altitude geográfica no Município de Felgueiras. . 89
Figura 39.Distribuição dos dados da variável Ativação muscular (MVC), após transformação dos valores que ocorreram maiores que 100%. 95
Figura 40. Distribuição da variável Ativação muscular (MVC) por Músculo. 98
Figura 41.Distribuição da variável ativação muscular (MVC) por Músculo, observando-se somente a tarefa C2RDD. 105
Figura 42.Distribuição da variável Ativação muscular (MVC) por Músculo, observando-se somente a tarefa C2RMN. 112
Figura 43.análise postural da tarefa de empurrar carro armazém para cargas 113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos municípios investigados. 16
Tabela 2. Artigos científicos selecionados através da revisão sistemática..... 21
Tabela 3. Escala de Borg para avaliação da percepção subjetiva de esforço.. 28
Tabela 4. Classificação da Atividade pela FC..... 38
Tabela 5. Tarefas simuladas em laboratório..... 42
Tabela 6.Características dos equipamentos utilizados em laboratório 43
Tabela 7. Posicionamento dos sensores nos segmentos corporais..... 44
Tabela 8. Procedimento de realização de teste EMG..... 50
Tabela 9. Estimativa do % MVC com base na Escala de Borg. 52
Tabela 10. Classificação do % MVC com base na Escala de Borg. 53
Tabela 11.Coleta de dados no Município de Guimarães..... 55
Tabela 12.Dados dos equipamentos e equipes de Guimarães..... 57
Tabela 13.Coleta de dados no Município de Fafe 59
Tabela 14.Dados dos equipamentos e equipes de Fafe..... 60
Tabela 15.Coleta de dados no Município de Felgueiras..... 61
Tabela 16.Quantidade de Contentores de Felgueiras 61
Tabela 17. Dados dos equipamentos e equipe de Felgueiras 62
Tabela 18. Características sociodemográficas dos participantes Média e Desvio Padrão..... 68
Tabela 19. Características sociodemográficas dos sujeitos do estudo (n=54)..... 69
Tabela 20.Registro de baixas por LMERT..... 70
Tabela 21. Associação entre as variáveis categóricas com a ocorrência de sintomatologia de LMERT nos últimos 12 meses..... 72
Tabela 22. Associação entre as variáveis categóricas com a ocorrência de impedimento de realizar atividade normal nos últimos 12 meses..... 73
Tabela 23. Associação entre as variáveis categóricas com a ocorrência de consulta profissional nos últimos 12 meses..... 74
Tabela 24. Associação entre as variáveis categóricas com a ocorrência de sintomatologia de LMERT nos últimos 7 dias. 75
Tabela 25. Prevalência de LMERT por município investigado..... 76

Tabela 26. Prevalência de sintomatologia de LMERT nos últimos 12 meses por Grupo de idade. 77
Tabela 27. Prevalência de LMERT nos últimos 12 meses x IMC 78
Tabela 28. Prevalência de sintomatologia de LMERT nos últimos 12 meses por Tempo de Serviço. ... 80
. Tabela 29. Intensidade da dor por região corporal. 82
Tabela 30. Carga Física dos 34 trabalhadores monitorados. 84
Tabela 31. Altitude do relevo dos municípios. 86
Tabela 32. FC dos trabalhadores dos municípios conforme altimetria do terreno 86
Tabela 33. Caracterização da amostra de voluntários 90
Tabela 34.Pontuação REBA por sujeito e tarefa. 91
Tabela 35. Pontuação média REBA por segmento corporal 92
Tabela 36. Classificação do % MVC com base na Escala de Borg. 93
Tabela 37. Estatísticas descritivas geral da variável Ativação muscular (MVC), após transformação dos valores que ocorreram maiores que 100%. 95
Tabela 38. Teste de Friedman. 99
Tabela 39. Testes de Wilcoxon Signed Rank, a posteriori. 100
Tabela 40. Testes Dunn-Bonferroni. 101
Tabela 41.Nemenyi-Wilcoxon-Wilcox all-pairs test for a two-way. 102
Tabela 42.Conover's all-pairs test for a two-way. 102
Tabela 43. Tamanhos de efeito entres os Músculos, considerando o músculo TSD. 104
Tabela 44.Medianas (Md) e intervalos interquartílicos (IQR) por Músculo. 105
Tabela 45.Testes de Wilcoxon Signed Rank, a posteriori. 106
Tabela 46.Testes Dunn-Bonferroni. 107
Tabela 47.Nemenyi-Wilcoxon-Wilcox all-pairs test for a two-way. 108
Tabela 48.Conover's all-pairs test for a two-way. 108
Tabela 49.Tamanhos de efeito entres os Músculos, considerando o músculo TSD. 110
Tabela 50. Medianas (Md) e intervalos interquartílicos (IQR) por Músculo. 111
Tabela 51.Resumo dos resultados e discussão. 118
Tabela 52.Recomendações técnicas propostas 119

Capítulo 1 - Introdução e Motivação

1.1 Contextualização

Considerada uma atividade essencial para a sociedade (Berg et al., 2023), a coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU) está entre as ocupações com potencial de provocar Lesões Musculoesqueléticas Relacionadas com o Trabalho (LMERT)(Bulduk, 2019), e a sua carga de trabalho é proporcional ao crescimento populacional das cidades (Mariano et al., 2010).

Dependendo do processo de coleta, os trabalhadores podem ficar expostos a fatores de riscos ocupacionais relacionados à tarefa, tais como, exigências físicas de trabalho, posturas e movimentos adotados no carregamento, transporte, levantamento de carga, puxar e empurrar contentores (Poonkasem et al., 2022; Tshivhase et al., 2022; Yang et al., 2022).

Apesar dos avanços tecnológicos no setor, o método de coleta de RSU porta-a-porta predomina na maior parte dos países e tem sido a alternativa encontrada para garantir a segregação adequada e a reciclagem dos resíduos.

De acordo com a Organização Internacional do Trabalho (OIT), os empregos verdes são definidos como aqueles que contribuem para a preservação ou restauração da qualidade ambiental, promovendo um modelo de desenvolvimento sustentável baseado em inclusão social e condições dignas de trabalho (OIT & PNUMA, 2008). Contudo, conforme destaca a Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho (*European Agency for Safety and Health at Work* [EU-OSHA], 2013),as novas tecnologias e os processos produtivos associados aos empregos verdes podem também introduzir riscos emergentes, demandando novas estratégias de prevenção e gestão da segurança e saúde ocupacional. Nesse sentido, a abordagem de economia circular poderá adicionar múltiplos riscos na atividade de resíduos e reciclagem.

Com a obrigatoriedade da coleta seletiva de biorresíduos em Portugal a partir de 2024, por meio do Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro, e com as metas instituídas pelo Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos 2030 (PERSU), proposto pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2021), o processo de coleta seletiva porta-a-porta de biorresíduos tem sido a solução encontrada para atingir melhores resultados na qualidade e quantidade do material recolhido (Wanderley et al., 2022). Tal obrigatoriedade irá exigir ainda mais a atuação dos cantoneiros de coleta de resíduos urbanos.

Promover um ambiente sustentável para as gerações futuras, reduzir o impacto ambiental negativo *per capita* nas cidades, e prestar especial atenção à qualidade do ar e gestão de resíduos municipais, fazem

parte dos 17 Objetivos Desenvolvimento Sustentável (ODS). No entanto, para garantir a sustentabilidade ambiental é importante atentar para a sustentabilidade do trabalho. Promover ambientes de trabalho seguros e protegidos para todos os trabalhadores é assegurado no ODS 8.8 (*United Nations,* 2015).

O risco de lesões musculoesquelética está presente em diversas atividades profissionais. De acordo com a EU-OSHA, em 2015, as lesões Musculoesqueléticas representaram 60 % das queixas realizadas entre os trabalhadores investigados dos 28 países. De acordo com o estudo, aproximadamente 3 em cada 5 trabalhadores, apresentaram queixas musculoesqueléticas e as mais relatadas foram dores nas costas e nos membros superiores (De Kok et al., 2019).

As LMERT são o principal problema de saúde relacionado ao trabalho na Europa. As atividades econômicas que apresentaram o maior número de queixas (60%) relacionadas com LMERT são as constantes na secção E da classificação da Nomenclatura das Atividades Económicas (NACE), nomeadamente, captação, tratamento e distribuição de água; saneamento, gestão de resíduos e despoluição *(Eurofound*, 2017)

Em Portugal, o registro de trabalhadores que relataram queixas musculoesqueléticas reduziu em 19% entre os anos de 2010 (73%) e 2015 (54%) (De Kok et al., 2019).

O setor de resíduos é um dos mais danosos para a saúde do trabalhador do Reino Unido. A taxa de relatos de doença relacionada ao trabalho excede a taxa de relatos em todo o setor industrial (Health and Safety Executive [HSE], 2017).

Segundo dados do *Bureau of Labor Statistics* (BLS, 2025), nos Estados Unidos, entre 2021 a 2022, a indústria de coleta de resíduos apresentou um total de 183 casos de lesões e doenças ocupacionais não fatais com afastamento do trabalho a cada 10.000 trabalhadores em tempo integral, evidenciando um nível de incidência significativamente elevado em comparação com a média da indústria privada (112,9). Os trabalhadores da coleta de resíduos apresentaram uma taxa anualizada de 52,3 casos de lesões musculoesqueléticas por 10.000 trabalhadores em tempo integral, superando significativamente a média da indústria privada, que foi de 25,3 casos no mesmo período. Tais lesões estão especialmente ligadas a esforços excessivos ao levantar ou abaixar objetos (16,3 casos por 10.000 trabalhadores) e a reações corporais a sobrecarga biomecânica (54,0 casos por 10.000).

Considerando as estratégias de coleta de resíduos em que há a participação do trabalhador como agente facilitador do processo, pretende-se responder à pergunta: qual é a estratégia de coleta que oferece menor impacto à sua saúde do trabalhador?

Diante do exposto, este trabalho visa investigar qual método de coleta manual proporciona menor risco de LMERT, e propor um método que minimize os esforços exercidos durante a atividade e reduza a prevalência de LMERT de modo que possa garantir a integridade da saúde do trabalhador.

Portanto, a motivação deste trabalho é atender às exigências ambientais, e garantir a coleta dos resíduos urbanos de forma sustentável e a impactar minimamente a saúde do trabalhador.

Promover uma melhor performance do trabalho e estabelecer um padrão de referência a ser aplicado em outras cidades, representam uns dos desafios deste estudo.

1.2 Problematização e justificativa

A industrialização e o aumento dos padrões de vida contribuíram para uma quantidade crescente de resíduos urbanos (RU) e consequentes problemas de descarte (Bulduk, 2019). De acordo com *Eurostat* (2020), em 2017 foram recolhidos 486 kg por pessoa de resíduos urbanos em toda Europa e 487 kg por pessoa em Portugal.

De acordo com Instituto Nacional de Estatística (INE, 2021), em Portugal, foram recolhidos 5,3 bilhões de kg. de resíduos urbanos (RU), correspondente a 513 kg de RU gerados por habitante. Segundo Ferraz de Campos et al. (2021), em 2020, 4,961 milhões de kg por dia de resíduos sólidos foram recolhidas na região norte do país superando todas as demais regiões.

Em Portugal, foram registrados 184 607 acidentes do trabalho em 2023 (INE, 2025). De acordo com *ILOSTAT* (2018), para o código da atividade "E" que envolve o gerenciamento de resíduos, em 2017, foram registrados na Europa 49 774 casos de lesões ocupacionais não fatais, sendo que 1 944 ocorreram em Portugal.

Em estudo realizado em trabalhadores de RSU, Castro et al. (2020) identificaram que as principais queixas relativas à saúde correspondem à dor ou desconforto na região da coluna lombar e dorsal. Tal resultado demonstra que é fundamental a investigação e implementação de intervenções de natureza ergonômica na atividade.

Segundo Emmatty e Panicker (2019), métodos ergonômicos e intervenções não são amplamente implementadas na profissão de coleta de RSU.

Em Portugal, Pereira et al., (2022) investigaram a prevalência de uma doença musculoesquelética conhecida como Síndrome da Dor Femoropatelar (SDFP), em trabalhadores que conduziam o veículo e realizam a coleta de resíduos de forma simultânea. Dos 20 trabalhadores investigados, seis (30%) foram diagnosticados com a síndrome. Os autores concluíram que o estudo apresentou maior prevalência da

síndrome na atividade de coleta do que na população geral, que é de 22%. Mostrando a importância de estudar profundamente a atividade e estabelecer medidas preventivas eficazes.

Através de uma revisão sistemática para avaliar as condições de trabalho dos cantoneiros de limpeza, Santos e Almeida (2016) perceberam que a realidade portuguesa não está suficientemente retratada nos artigos pesquisados. Concluíram que seria pertinente motivar os profissionais da saúde ocupacional a investigarem aspectos sobre a saúde laboral neste setor.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é estudar os métodos de coleta manual RSU e definir a melhor estratégia para execução da atividade que minimize o impacto a saúde do trabalhador, utilizando-se de técnicas de análise ergonômicas.

1.3 Hipótese

Há um método de coleta de resíduos urbanos que minimiza o risco de LMERT, reduzindo os impactos associados à movimentação de cargas durante a atividade.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivos geral

Este estudo tem por objetivo identificar o método de coleta manual de resíduos urbanos que provoque o menor risco de LMERT , avaliando por meio de técnicas de análise ergonômica.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar as regiões do corpo afetadas através da análise dos sintomas musculoesqueléticos;
- Identificar a influência dos métodos de coleta na saúde do trabalhador;
- Avaliar a prevalência do risco de LMERT;
- Propor um método adequado para execução da atividade que reduza o impacto na saúde dos trabalhadores.

1.5 Estrutura do Trabalho

O capítulo 1 apresenta a introdução do estudo com uma abordagem inicial sobre o tema, a motivação do estudo, problematização e justificativa, bem como a hipótese a testar. Neste capítulo encontra-se os objetivos específicos para o desenvolvimento da pesquisa.

O capítulo 2 trata-se do enquadramento científico e revisão bibliográfica onde o tema é abordado de forma mais aprofundada. O capítulo está subdivido em 3 seções. A primeira trata sobre o setor de coleta de resíduos urbanos em Portugal, bem como os aspectos normativos que regem a tarefa no país. A segunda parte versa sobre LMERT na Coleta de Resíduos Urbanos, por fim, a terceira parte aborda as técnicas de análise ergonômicas que podem ser aplicadas para atingir o objetivo deste estudo.

A metodologia do estudo é encontrada no capítulo 3, onde é possível identificar a caracterização do ambiente de estudo e da amostra de participantes, bem como os métodos experimentais aplicados e as ferramentas utilizadas na construção do estudo.

No capítulo 4 é possível encontrar os resultados dos questionários aplicados com os trabalhadores e dos métodos experimentais realizados em laboratório. Também a proposta de intervenção de natureza ergonômica.

Em seguida, o capítulo 5 traz a conclusão do estudo e as principais contribuições que poderão ser implementadas na atividade. Também são apresentadas sugestões de trabalhos futuros.

Ao final do trabalho é possível identificar as referências utilizadas para estruturação da pesquisa e desenvolvimento do estudo.

Capítulo 2 - Enquadramento Técnico e Revisão Bibliográfica

Este capítulo está subdivido em 3 seções. A primeira trata sobre os instrumentos normativos que regem a tarefa no país e na Europa, bem como a produção de resíduos e o sistema de coleta de RSU em Portugal. A segunda parte versa sobre LMERT na Coleta de Resíduos Urbanos e a última parte aborda as técnicas de análise ergonômicas que podem ser aplicadas para atingir o objetivo deste estudo.

2.1 Atividade de Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos – Contextualização

A gestão de RSU em Portugal é fortemente influenciada pelos instrumentos normativos europeus e nacionais, que estabelecem diretrizes para promover a sustentabilidade ambiental e a eficiência na coleta e tratamento de resíduos. Em consonância com as metas europeias, o país tem enfrentado o desafio crescente da produção de resíduos, que reflete tanto o aumento populacional quanto as dinâmicas socioeconômicas regionais. No contexto dos municípios estudados — Guimarães, Fafe e Felgueiras —, os métodos de coleta de RSU variam em função das características locais, como densidade populacional, infraestrutura e estratégias de gestão implementadas. Essa diversidade evidencia a necessidade de alinhar práticas municipais às normas supranacionais, garantindo um equilíbrio entre eficiência operacional, sustentabilidade e conformidade regulatória.

2.1.1 Instrumentos normativos na Europa e em Portugal

Nos últimos anos a legislação da União Europeia tem sofrido alteração quanto a gestão de resíduos. Sendo assim, os países membros devem adequar-se e colocar em prática as devidas alterações. A União Europeia revisou alguns instrumentos como a Diretiva (UE) 2018/849 do Parlamento Europeu e do Conselho (2018). Tendo em conta esta atualização do quadro jurídico da União Europeia no que respeita à matéria dos resíduos, Portugal revisou o Regime Geral da Gestão de Resíduos (RGGR), por meio do Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro que aprova o regime geral da gestão de resíduos, o regime jurídico da deposição de resíduos em aterro e altera o regime da gestão de fluxos específicos de resíduos, transpondo as Diretivas (UE) 2018/849, 2018/850, 2018/851 e 2018/852. Essas diretivas abordam os seguintes aspectos:

- Diretiva (UE) 2018/849, do Parlamento Europeu e do Conselho (CE), de 30 de maio de 2018, que altera as Diretivas 2000/53/CE relativa aos veículos em fim de vida, 2006/66/CE relativa às pilhas e acumuladores e respetivos resíduos, e 2012/19/UE relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos;

- Diretiva (UE) 2018/850, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 1999/31/CE relativa à deposição de resíduos em aterros;
- Diretiva (UE) 2018/851, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de2018, que altera a Diretiva 2008/98/CE relativa aos resíduos;
- Diretiva (UE) 2018/852 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 94/62/CE relativa a embalagens e resíduos de embalagens.

Neste sentido, o Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro, estabelece algumas medidas na matéria de gestão de resíduos, que deverão ser implementadas pelos municípios. De acordo com o item n.°2 do artigo 36, do referido decreto, as entidades responsáveis pelo sistema municipal ou multimunicipal de gestão de resíduos urbanos, devem operacionalizar a coleta seletiva, no mínimo, das seguintes frações de resíduos: Papel, metais, plástico e vidro; Biorresíduos, até 31 de dezembro de 2023; Têxteis, até 1 de janeiro de 2025; Óleos alimentares usados; Resíduos perigosos, até 1 de janeiro de 2025; Resíduos de mobiliário e outros resíduos volumosos, até 1 de janeiro de 2025; Resíduos de construção e demolição resultantes de pequenas reparações e obras de bricolagem em habitações (República Portuguesa, 2020).

Para cumprir o estabelecido neste artigo, as entidades responsáveis pelos sistemas municipais ou multimunicipais devem adotar as medidas necessárias para possibilitar a separação e reciclagem na origem dos biorresíduos através de compostagem doméstica ou comunitária e outras soluções locais de reciclagem, de acordo com a Autoridade Nacional de Resíduos (ANR, 2020), ou a sua coleta seletiva e posterior transporte para instalações de reciclagem, designadamente de compostagem e digestão anaeróbia, evitando a sua mistura no tratamento com outros resíduos, em particular com a fração orgânica dos resíduos indiferenciados.

Pelo Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de maio os resíduos são definidos como os "resíduos provenientes das habitações bem como outros resíduos que, pela sua natureza ou composição, sejam semelhantes aos resíduos provenientes das habitações." (República Portuguesa, 2020).

Segundo o Decreto-Lei n.º 102-D de 10/2020, de 10 de dezembro, os resíduos urbanos são classificados, nomeadamente, "os resíduos de coleta indiferenciada e de coleta seletiva das habitações, incluindo papel e cartão, vidro, metais, plásticos, biorresíduos, madeira, têxteis, embalagens, resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, resíduos de pilhas e acumuladores, bem como resíduos volumosos, incluindo colchões e mobiliário; e de coleta indiferenciada e de coleta seletiva provenientes

de outras origens, caso sejam semelhantes aos resíduos das habitações na sua natureza e composição." (República Portuguesa, 2020).

De acordo com o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU,2030) em Portugal Continental existem 23 Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU), sendo 12 multimunicipais, 8 empresas municipal e 3 associações de municípios. Os sistemas possuem características que variam em número de municípios que os integram, em área, população e condições socioeconômicas. Tais características refletem diretamente no fluxo e produção de RU, bem como nas ações de coleta seletiva, tratamento e valorização, equipamentos e infraestruturas (Agência Portuguesa do Ambiente [APA], 2021).

2.1.2 Produção de Resíduos e Coleta de RSU em Portugal

De acordo com os dados do Eurostat, em 2022, a produção *per capita* de resíduos em Portugal situou-se em 1 878 kg por habitante. Na Europa, por sua vez, a produção no mesmo ano atingiu a marca de 4 991 kg por pessoa.

Na Figura 1, podemos observar a evolução da produção *per capita* de Resíduos Urbanos em Portugal nos últimos anos. De acordo com o Instituto Nacional de Estatística (INE, 2024) em 2023, houve um decréscimo na geração *per capita* quando comparado ao ano de 2021, passando de 510,3 para 504,6 kg por habitante. O aumento da produção global de resíduos, concomitante à redução da capitação, indica que o crescimento populacional e/ou a ampliação da cobertura dos serviços de coleta compensaram a diminuição na geração individual de resíduos.

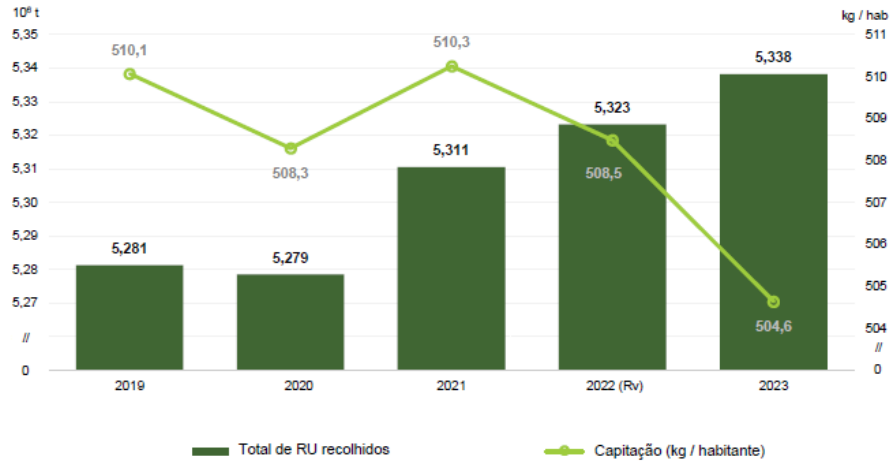


Figura 1. Resíduos urbanos recolhidos e capitação (kg/ hab.), em Portugal, ano 2019-2023. Fonte: Instituto Nacional de Estatística (INE,2024)

A maior parte da produção dos resíduos em Portugal é formada pela coleta indiferenciada, representando cerca de 75,5% da coleta realizada em 2023. Com o passar dos anos, a coleta seletiva tem crescido gradativamente, em 2023 houve um incremento de 3,2%, face a 2019 tal como mostra a Figura 2. No entanto, a coleta indiferenciada predomina no país (Instituto Nacional de Estatística [INE], 2024).

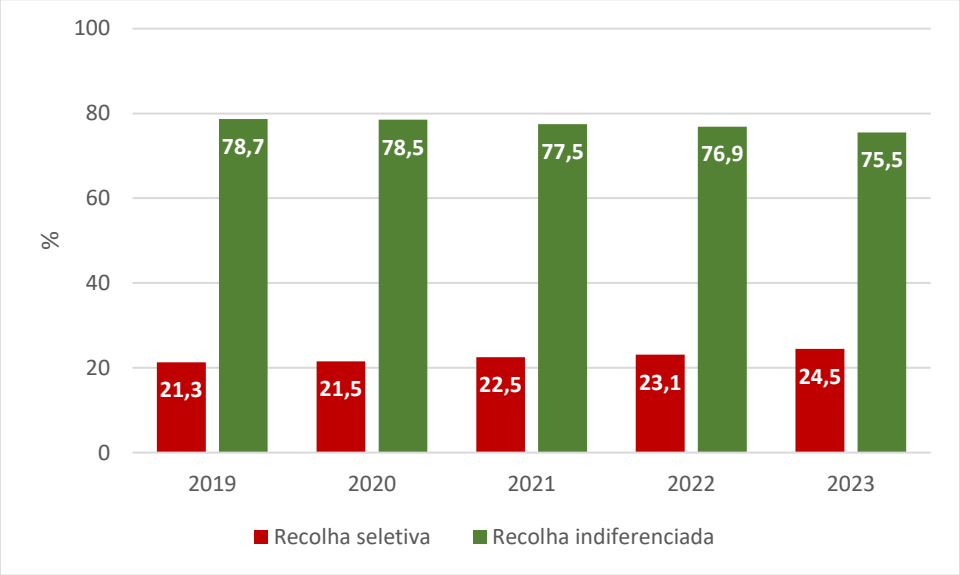


Figura 2. Proporção de recolha indiferenciada e seletiva no total de RU coletados em Portugal, ano 2019 - 2023. Fonte: Instituto Nacional de Estatística (INE, 2024, como citado em Agência Portuguesa do Ambiente [APA]).

De acordo com o Instituto Nacional de Estatística (INE, 2023), a caracterização da composição dos resíduos em Portugal, em 2023, apresentada na Figura 3, revela que a fração predominante correspondeu ao papel e cartão, responsável por 21% do volume total recolhido no país. Os resíduos biodegradáveis ou biorresíduos representam 20% desta parcela.

Para efeito da Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro, os biorresíduos, são os resíduos de jardim biodegradáveis, os resíduos alimentares e de cozinha das habitações, dos restaurantes, das unidades de *catering* e de retalho e os resíduos similares das unidades de transformação de alimentos.

Um dos objetivos do Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2030 é o alargamento dos sistemas de coleta porta-a-porta de resíduo de embalagens e biorresíduos em povoações com mais de 50 000 habitantes, e tem como meta abranger cerca de 30% dos municípios em 2025 e 60% em 2027(APA, 2021).

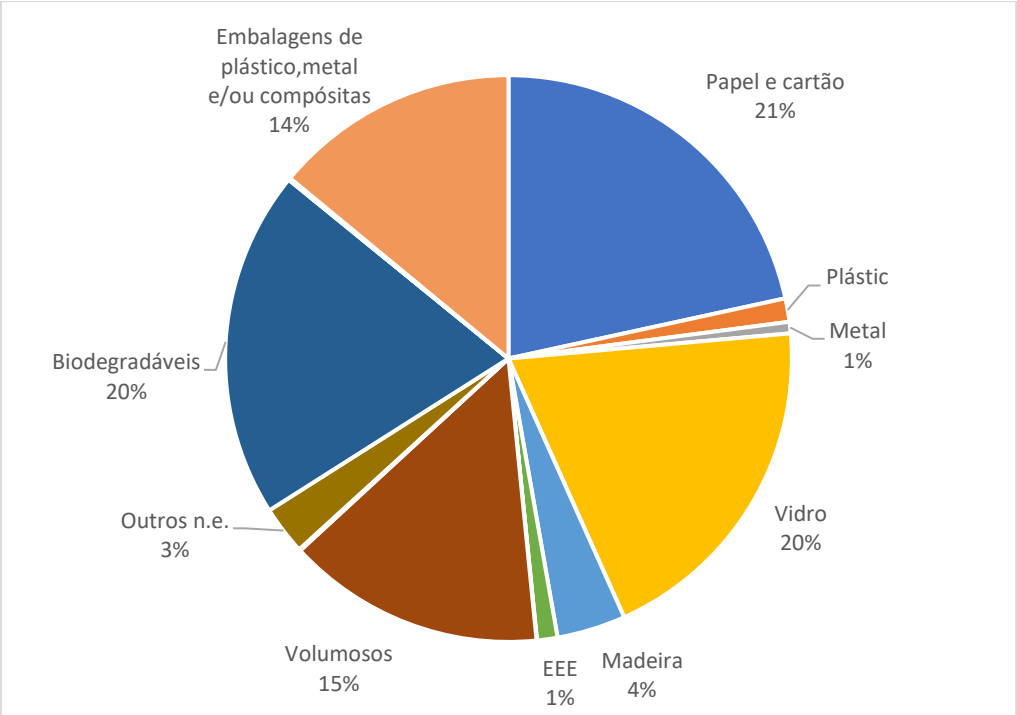


Figura 3. Tipo de material reciclável recolhido em Portugal em 2023. Fonte: INE (2024)

Este cenário proporciona um grande desafio para as unidades gestoras, visto que para garantir que os biorresíduos sejam recolhidos e transportados de forma adequada, é importante a adoção de ações de coleta automatizada através de contentores coletivos, e de coleta porta-a-porta realizada pelos cantoneiros de coleta.

As atribuições do trabalhador da coleta de resíduos, conhecidos com cantoneiros de coleta, são apresentadas no grupo 9 – Trabalhadores não qualificados, código 9611.0 da Classificação Nacional de Profissões (INE, 2011), e consistem em:

- Recolher resíduos urbanos e materiais recicláveis e colocá-los em caixotes do lixo e veículos de coleta;
- Montar em veículos de coleta de resíduos urbanos ou de materiais recicláveis;
- Levantar caixotes do lixo e despejá-los nos veículos de coleta de resíduos urbanos;
- Descarregar veículos de coleta de resíduos urbanos e de materiais recicláveis;
- Cumprir normas de higiene, saúde e segurança no trabalho.

Considerando o alargamento dos sistemas de coleta de resíduos porta-a-porta de resíduo e o aumento da demanda através da implementação da coleta seletiva de biorresíduos, ações de segurança e saúde do trabalho devem ser adotadas a fim de preservar a integridade física desses trabalhadores durante a execução da tarefa, principalmente no que tange às LMERT relacionadas ao trabalho.

2.1.3 Métodos de Coleta por município estudado

Uma abordagem referente aos municípios estudados é apresentada a seguir. A Figura 4 apresenta a delimitação territorial da região Norte de Portugal, conforme a classificação NUTS III (Regulamento [UE] n.º 868/2014 da Comissão, de 8 de agosto de 2014), destacando os municípios de Guimarães, Fafe e Felgueiras, que integram a sub-região do Ave e Alto Tâmega.

Os municípios investigados foram analisados considerando as suas características geográficas, demográficas e operacionais, que influenciam diretamente os métodos de coleta de RSU predominantemente adotados. Fatores como densidade populacional, infraestrutura urbana e estratégias de gestão de resíduos implementadas foram determinantes para compreender as diferenças nos sistemas de coleta e na eficiência das operações de manejo dos RSU entre as localidades.

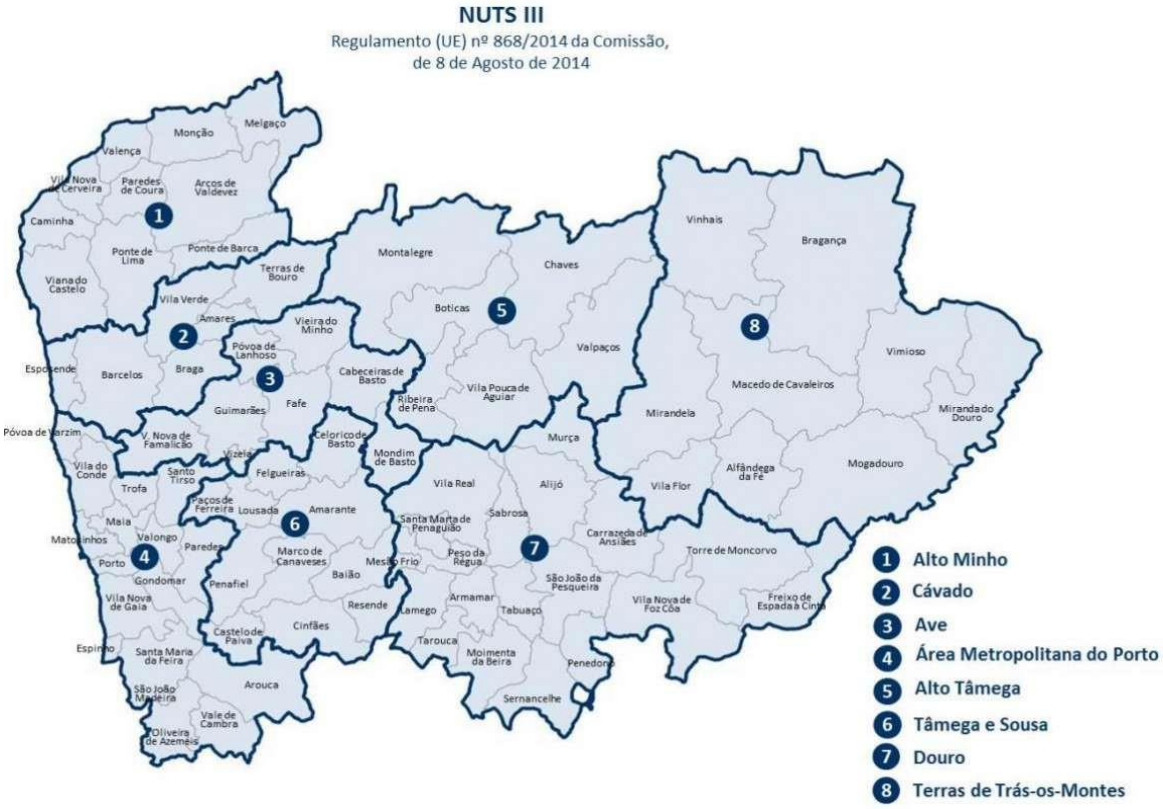


Figura 4. Mapa da região norte de Portugal. Fonte: INE (2023)

2.1.3.1 Guimarães

Reconhecida como o berço histórico da nacionalidade portuguesa, Guimarães localiza-se na região Norte do país, integrando o distrito de Braga. O município apresenta uma área de 240,96 km² e uma população

aproximada de 158 124 habitantes (CMG, 2023), estando administrativamente subdividido em 48 freguesias. O município faz divisa, a norte, com Póvoa de Lanhoso; a leste, com Fafe; a sul, com Felgueiras, Vizela e Santo Tirso; a oeste, com Vila Nova de Famalicão; e, a noroeste, com Braga. Segundo o Plano de Gestão de Resíduos Urbanos da Câmera do Município de Guimarães (2005), a maior parte da coleta de RSU é realizada de forma indiferenciada, isto é, sem prévia seleção.

De acordo com o INE, em 2023, a produção *per capita* de resíduos urbanos no município de Guimarães, situou-se em 452 kg por habitante, um total de 70 749 ton. de resíduos, sendo 70% referentes aos resíduos indiferenciados e 30% referentes a coleta seletiva.

No mesmo ano o município realizou a coleta seletiva de 21 408 t (21 408 000 kg) de resíduos urbanos, dos quais 42% porcento correspondem a biodegradáveis, Figura 5, representando o maior percentual de material recolhido no município, seguido de vidro (27%) e papel e cartão (24%).

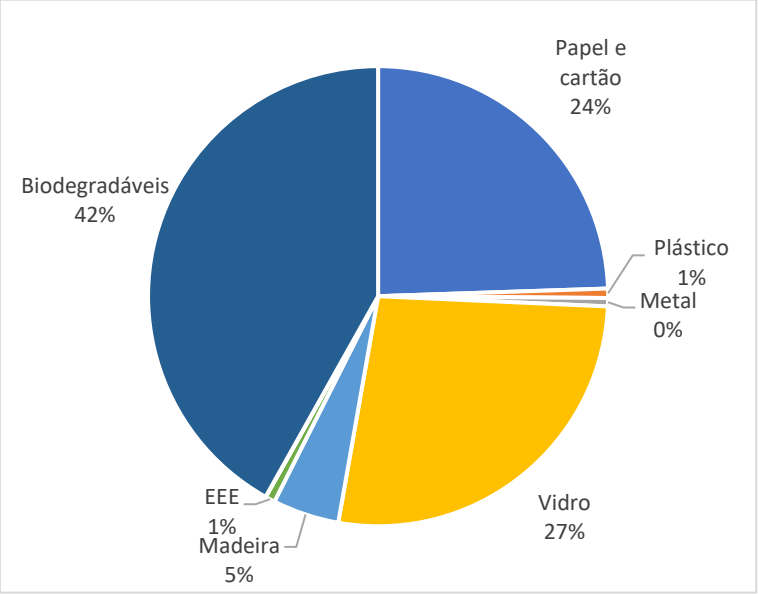


Figura 5. Resíduos urbanos recolhidos (%) no município de Guimarães por tipo de material reciclável, em 2023. Fonte: INE (2024)

Atualmente, a coleta de RSU está subdividida em 5 circuitos, os quais são realizados nos turnos da manhã, tarde e noite. Sendo o turno da tarde destinado para coletas seletivas de móveis e materiais volumosos.

Os tipos de coleta variam conforme a deposição dos resíduos. O sistema de coleta pode ser realizado porta-a-porta, por pontos de reagrupamento e por coleta seletiva. Na coleta porta-a-porta os resíduos são colocados em sacos e recolhidos nas portas das habitações em dia e hora definido. A coleta por sistema

de pontos de reagrupamento é realizada através de contentores herméticos, de capacidade variável, entre 80 e 1 100 L. Esse sistema é utilizado em locais com grande densidade populacional. Utilizam-se também os contentores enterrados e semienterrados, ambos com capacidade de 3 000 e 5 000 L. Este tipo de sistema é utilizado em locais onde não é possível efetuar a coleta porta-a-porta (Mendes et al., 2014). Por fim, a coleta seletiva destina-se a resíduos de pequenas dimensões e onde são disponíveis em três tipos de contentores (contentor amarelo, destinado à deposição de embalagens, contentor verde para deposição de vidro e contentor azul para deposição de papel e cartão) (Guimarães, 2005).Também são disponibilizados aos munícipes contentores marrons para recolha de resíduos biorresíduos os quais estão distribuídos pela cidade.

No Município de Guimarães as equipes de trabalho que realizam a coleta pertencem à carreira de assistente operacional, são compostas por um motorista e dois cantoneiros de limpeza.

A tipologia das viaturas utilizadas varia em função da densidade populacional, da quantidade de resíduos gerados e da natureza dos resíduos a serem recolhidos.

As viaturas utilizadas para coleta de RU são herméticas, de carregamentos traseiros, equipadas com auto compactadores, com braços hidráulicos para o levantamento de contentores de várias capacidades, utilizada também para coleta porta-a-porta através de sacos e baldes (Mendes et al., 2014). Ainda há viatura tipo carroçaria, onde a caixa é aberta, possui menor dimensão, e, em Guimarães, é utilizada para coleta em ruas estreitas e no centro histórico da cidade. Para a coleta seletiva também são viaturas de carregamento traseiro, dotado com um sistema de grua, que permite a coleta porta-a-porta ou o levantamento de ecopontos.

2.1.3.2 Fafe

Localizado no norte do país, o Município de Fafe, faz parte do distrito de Braga e possui cerca de 50 mil habitantes e uma área geográfica de 219,08 km² (Câmara Municipal de Fafe [CM Fafe], 2023). Composto por 25 (vinte e cinco) freguesias e uniões de freguesia, o Município de Fafe faz divisa ao Norte, com os municípios de Póvoa de Lanhoso e Vieira do Minho, a Leste, com Cabeceiras de Basto e Celorico de Basto, a Sul, com Felgueiras e, a Oeste, com Guimarães.

De acordo com o INE, em 2023, foram recolhidas pelo município 19 287 (19 287 000 kg) de resíduos urbanos, cerca de 398 kg por habitante, sendo 14 998 t (14 998 000 kg) de resíduos indiferenciados, representando cerca de 78% dos resíduos recolhidos. No mesmo ano, foram recolhidas cerca de 4 289

t (4 289 000 kg) de materiais recicláveis, destas 294 t (294 000 kg) foram resíduos biodegradáveis que representam 9% dos resíduos recicláveis, conforme apresentado na Figura 6.

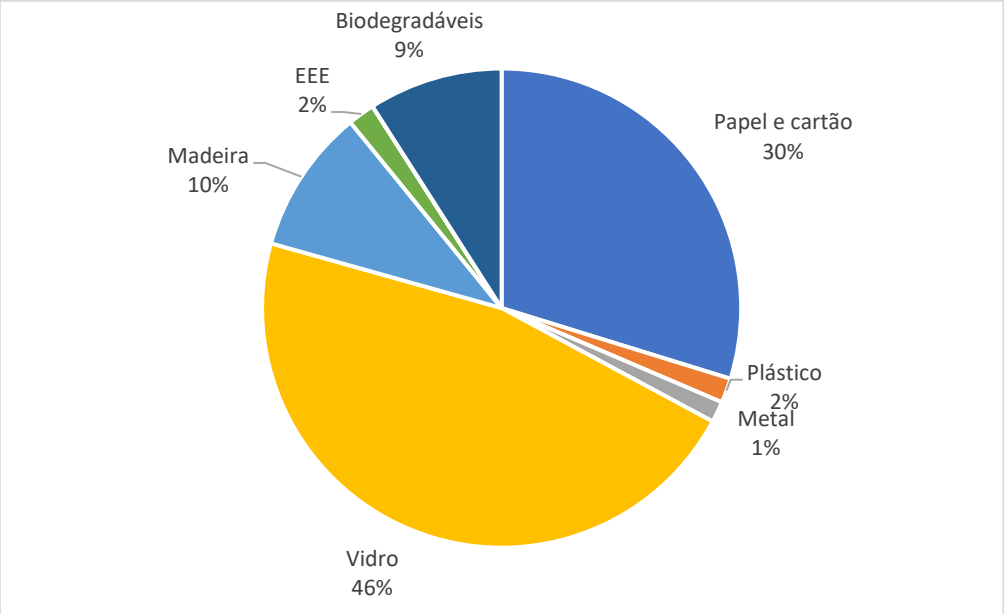


Figura 6.Resíduos urbanos recolhidos (%) no município de Fafe por tipo de material reciclável, 2023.

Fonte: INE (2024)

Em junho de 2021, o Município de Fafe realizou um estudo para o desenvolvimento do sistema de coleta de biorresíduos. De acordo com o estudo, o Município de Fafe possui dois sistemas de coleta resíduos, indiferenciada e seletivas multimateriais (papel/cartão, plástico/metal e vidro) (CM Fafe, 2021).

A coleta dos resíduos indiferenciados é realizada pelo sistema porta-a-porta de sacos contendo a fração misturada, colocados na via pública junto às habitações. A coleta de RSU no município é predominantemente porta-a-porta. Em alguns locais, como escolas, cemitérios e restaurantes, a coleta é realizada por meio de contentores com capacidade variável de 800 a 1200 L.

A coleta de resíduos indiferenciados é efetuada todos os dias, com exceção dos domingos. Existem seis circuitos de coleta, tal como mostra a Figura 6, os circuitos A1 e A2 são realizados diariamente (exceto os domingos), os circuitos A3, A5 e A6 são feitos duas vezes por semana. O circuito A4 é realizado três vezes por semana.

O Município dispõe de serviços para coleta de materiais volumosos conhecidos como monstros/monos, de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE), de pilhas e acumuladores e de têxteis. Atualmente não existe coleta seletiva de biorresíduos, sendo estes resíduos recolhidos conjuntamente com os resíduos indiferenciados (CM Fafe, 2021).

2.1.3.3 Felgueiras

Localizada na região norte do país e na sub-região do Tâmega e Sousa, o município de Felgueiras pertence ao distrito do Porto e possui uma área total de 115,74 km², 55 855 habitantes e densidade populacional de 483 habitantes por km², subdividida em 20 freguesias.

O município de Felgueiras faz divisa com o município de Fafe ao norte, a nordeste por Celorico de Basto, a sudeste por Amarante, a sudoeste por Lousada e a noroeste por Vizela e Guimarães.

De acordo com o INE, em 2023, foram recolhidas pelo município 24 781 ton. de resíduos urbanos, cerca de 447 kg por habitante, sendo 22 453 ton. de resíduos indiferenciados, representando cerca de 91 % dos resíduos recolhidos. A coleta seletiva corresponde a 9% do total de resíduo urbanos recolhidos no município. No mesmo ano, foram recolhidas cerca de 2 329 ton. de materiais recicláveis, porém não houve coleta de resíduos biodegradáveis, tal como mostra a Figura 7.

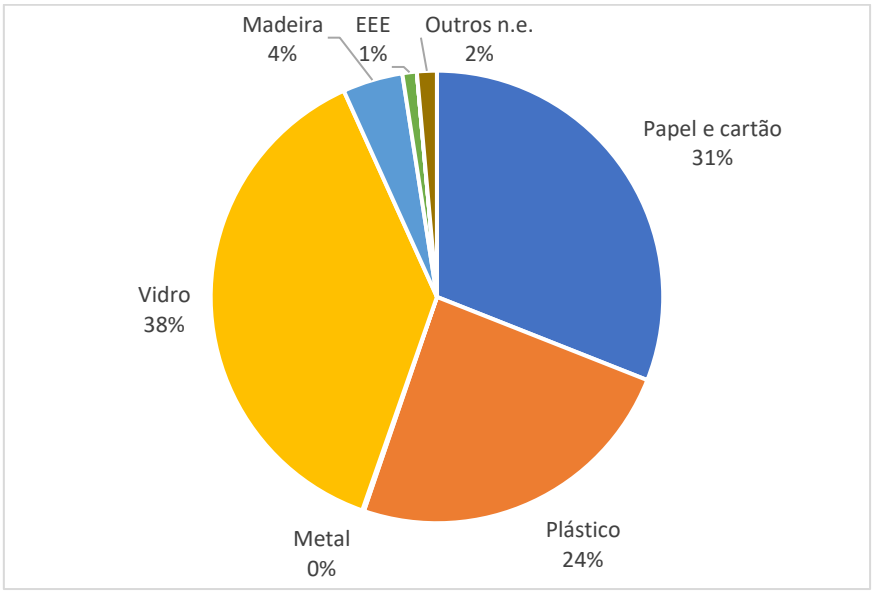


Figura 7. Resíduos urbanos recolhidos (%) no município de Felgueiras por tipo de material reciclável, em 2023. Fonte INE (2024)

O Artigo 7° da Postura de Resíduos Sólidos Urbanos e Limpeza Pública do Município de Felgueiras, versão 5.0, publicada em julho de 2007, estabelece o sistema de deposição de coleta indiferenciada nas zonas urbanas, e encarrega aos produtores de resíduos urbanos provenientes de habitações a aquisição e utilização de contentores herméticos normalizados com capacidade de 50 a 110 L, ou a utilização de contentores que o sistema municipal disponibilize. Os demais produtores devem utilizar contentores com capacidade de 110 a 240 L, e em casos justificados os contentores com capacidade de 800 a 1000 L,

sendo todos herméticos e normalizados. A gestão permite também a deposição em sacos plásticos apropriados para os resíduos provenientes de habitações (Município de Felgueiras, 2007).

É importante destacar o item 3 do referido artigo que aborda proteção à saúde do trabalhador quanto a exposição a alguns fatores de risco ocupacional. O texto do documento diz: "A deposição dos RU nos contentores não deve ser executada a granel, nem conter resíduos cortantes, líquidos ou liquefeitos, passíveis de contaminação ou de causar dano ao trabalhador que executa a operação de coleta."

Como pode ser observado, os municípios de Guimarães, Fafe e Felgueiras apresentam particularidades geográficas, demográficas e operacionais que influenciam diretamente os seus sistemas de gestão e coleta de RSU. A Tabela 1 sintetiza as principais características desses municípios, incluindo área territorial, população residente, capitação média de resíduos e volume total recolhido anualmente.

Tabela 1 - Características dos municípios investigados. Fonte: INE (2023)

Município	Área (km^2)	População (n° habitantes)	Capitação (kg/ habitantes)	Resíduos recolhidos (kg)
Guimarães	240,95	158 124	452	70 749 000
Fafe	219,08	50 000	398	14 998 000
Felgueiras	115,74	55 855	447	24 781 000

Essas diferenças evidenciam como fatores como densidade populacional, infraestrutura urbana, características socioeconômicas e estratégias de gestão municipal influenciam diretamente a quantidade de resíduos gerados e os métodos de coleta adotados. Dessa forma, a análise comparativa entre esses municípios permite compreender como as condições locais moldam as práticas operacionais de coleta e tratamento de RSU na região Norte de Portugal.

2.2 LMERT na Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos.

As LMERT são definidas como perturbações cumulativas ou traumatismos agudos que afetam principalmente as costas, o pescoço, os ombros, os membros superiores e os membros inferiores. (*European Agency for Safety and Health at Work*, 2020).

As LMERT correspondem a um conjunto de lesões inflamatórias e degenerativas do sistema locomotor, resultantes da ação de fatores de risco profissionais como a repetitividade, a sobrecarga e/ou a postura adotada durante o trabalho (Direção-geral da Saúde., 2008).

Os tipos de LMERT que os trabalhadores sofrem incluem os problemas articulares, problemas ósseos, causados por doença ou acidente do trabalho, dores de costas e no pescoço, e lesões musculares causadas por atividades intensas ou repetitivas (*European Agency for Safety and Health at Work*, 2020). Na Europa, de todos os trabalhadores que apresentaram um problema de saúde relacionado ao trabalho, 60% identificam as lesões musculares como seu problema mais grave, e uma em cada cinco pessoas na UE-28 sofreu de uma doença crônica nas costas ou no pescoço em 2015.

Considerando que as LMERT são problemas presente em diversos ambientes de trabalho, é fundamental estabelecer medidas que previnam a exposição ao risco, e ações de segurança e de saúde no trabalho.

São várias as leis e normas voltadas para a prevenção de LMERT na Europa e em Portugal. A Diretiva 90/269 da Comunidade Econômica Europeia (CEE), de maio de 1990, estabelece as prescrições de segurança e de saúde em atividades que realizam a Movimentação Manual de Cargas (MMC), que possam oferecer riscos, nomeadamente dorso-lombares, para os trabalhadores. De acordo com diretiva, entende-se por movimentação manual de cargas qualquer operação de transpor ou sustentação de uma carga, por um ou mais trabalhadores, incluindo baixar, levantar, colocar, empurrar, puxar, transportar e deslocar.
Quando não for possível a mecanização de modo a evitar a necessidade de MMC pelos trabalhadores, as entidades patronais devem adotar medidas organizacionais nos locais de trabalho de modo que essa movimentação seja o mais segura e saudável. Tais medidas devem considerar as características das cargas, o esforço físico, as condições de trabalho e as exigências da atividade.

A MMC pode apresentar risco a lombar, quando a carga é muito pesada e grande; volumosa ou difícil de pegar; em equilíbrio instável ou com conteúdo sujeito a deslocações; mantida ou manipulada à distância ou com flexão ou torção do tronco; e/ou suscetível, devido ao seu aspecto exterior e/ou à sua consistência de provocar lesões no trabalhador, em caso de choque.

Sobre as condições de trabalho, a diretiva aponta que atividade realizada em pavimento irregular ou com desníveis que impliquem a MMC em níveis diferentes ou ponto de apoio instável pode gerar risco ao trabalhador. As atividades que exigem esforços frequentes ou prolongados da coluna vertebral, distância

de elevação, abaixamento e transporte demasiadamente grandes e cadência impostas por um processo, não controlado pelo trabalhador, devem ser avaliadas.

Em Portugal, o Decreto-Lei de n.°330/1993, de 25 de setembro, regulamenta a transposição da Diretiva 90/269/CEE, de maio de 1990, para o direito interno, e afirma que as entidades patronais devem providenciar uma formação adequada aos trabalhadores com informações precisas sobre a movimentação correta de cargas e os riscos presentes, em especial se essas atividades não forem executadas de maneira tecnicamente correta.

Além dessas normas, existem outras que abordam o assunto, como exemplo:

Decreto–Lei n.º 441/91, de 14 de novembro – Estabelece o regime jurídico do enquadramento da segurança, higiene e saúde no trabalho;

Portaria n.º 989/93, de 6 de outubro – Prescrições mínimas de segurança e saúde dos trabalhadores na utilização de equipamentos dotados de visor – normas técnicas;

Decreto–Lei n.º 349/93, de 1 de outubro – Prescrições mínimas de segurança e saúde respeitante ao trabalho com equipamentos dotados de visor;

Decreto–Lei n.º 26/94, de 1 de fevereiro – Estabelece o regime de organização e funcionamento das atividades de segurança, higiene e saúde;

Lei n.º 73/98, de 10 de novembro – Contém normas relativas a determinados aspectos da organização do tempo de trabalho;

Decreto–Lei n.º 133/99, de 21 de abril – Estabelece medidas destinadas a promover a melhoria da segurança e saúde no trabalho;

Decreto–Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro – Prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devidos a vibrações mecânicas.

2.2.1 Fatores de Risco de LMERT

As causas das LMERT são associadas a vários fatores de risco. Entende-se por fator de risco algo que é resultante do trabalho e que pode causar ou agravar estados já existentes e negativos à saúde. Segundo a Direção-Geral da Saúde (DGS, 2008), os fatores podem ser subdivididos em:

(1) relacionados com a atividade de trabalho;

(2) individuais, também chamados cofatores de risco;

(3) organizacionais/psicossociais, que, embora sejam igualmente fatores de risco profissionais, são frequentemente abordados separadamente.

Os fatores de risco relacionados com a atividade de trabalho são as posturas ou posições corporais extremas como exemplo o alinhamento biomecânico, a posição relativa dos vários segmentos anatômicos e a orientação espacial das várias zonas corporais; aplicação de força estática (constante e/ou sem movimento) e a força dinâmica (alternada e/ou com movimento); a repetitividade dos movimentos e posturas; a exposições a elementos mecânicos, tais como exposição à vibração (DGS, 2008).

Os fatores de risco individuais são idade, uma vez que o fator envelhecimento poderá diminuir ou não a mobilidade articular e a força muscular; gênero, considerando que comprovadamente as mulheres possuem menor força muscular comparada aos homens; altura; peso e outras características antropométricas; e situações de saúde como diabetes, doenças do foro reumatológico, certas doenças renais ou antecedentes de traumatismo, podem constituir uma susceptibilidade acrescida.

No que se refere aos fatores de risco organizacionais e psicossociais, destacam-se a percepção de ritmos intensos de trabalho e/ou de elevadas exigências de produtividade; monotonia das tarefas ou ausência de estímulos; insuficiente suporte social, uma vez que as condições de vida, o envolvimento social e de trabalho podem constituir fontes de motivação ou da ausência do trabalho; e o modelo organizacional de produção, como os horários, os turnos, os ciclos de produção, o trabalho em linha, as pausas, bem como todos os fatores que influem na carga de trabalho.

A fim de identificar os principais fatores de riscos associados as LMERT na atividade de coleta de RSU, foi realizada revisão sistemática, utilizando as palavras-chave "*ergonomics*" ou "*musculoskeletal*" ou "*WMSDs*" combinadas com o operador booleano AND e as palavras-chave *"waste collection", "solid waste", "garbage collection", "domestic waste"* e "*refuse collection*". Foram identificados 290 artigos publicados até março de 2023 nas bases de dados da *SCOPUS*, *Web of Science* e *PubMed*. Dos 290 artigos encontrados, 101 eram duplicados. Em seguida, foram selecionados os artigos publicados nos últimos 10 anos escritos nos idiomas português e inglês. Restaram 125 artigos, dos quais 68 artigos foram excluídos após a leitura dos títulos e 11 após a análise dos resumos. Dos 46 artigos que restaram, apenas 29 estavam disponíveis para leitura. Após a análise da metodologia e resultados, 20 artigos foram aplicados no estudo, os quais serviram como base para construção da metodologia do trabalho, Figura

8. Além disso, foram incluídos 14 artigos publicados há mais de dez anos, considerados relevantes para esta pesquisa, totalizando 34 artigos. Também foram realizadas novas buscas no período de 2023 a 2025. No entanto, apenas três artigos apresentaram relação com o tema, mas o acesso aos seus conteúdos não estava disponível.

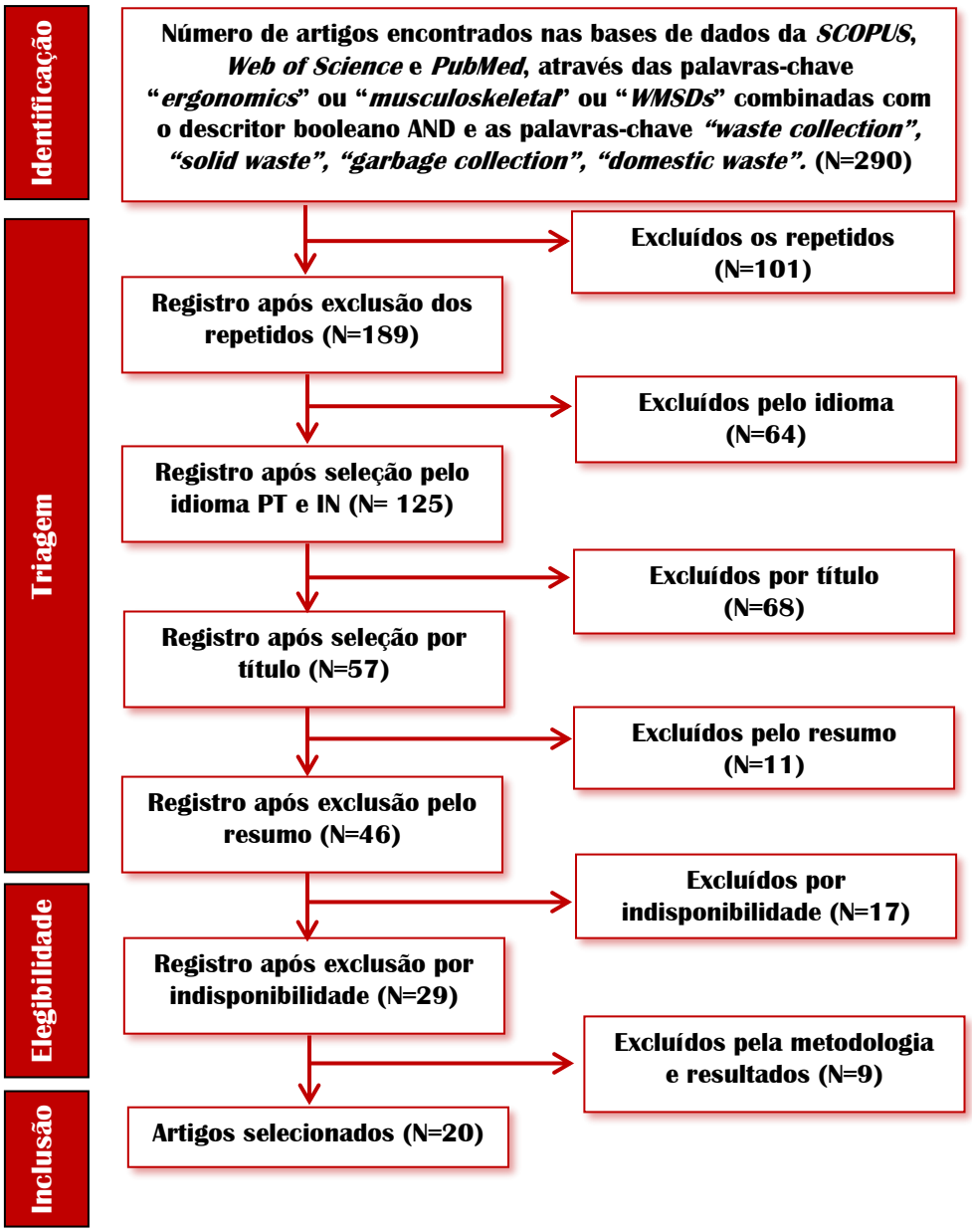


Figura 8. Fluxograma da Revisão sistemática.

Os artigos selecionados estão listados na Tabela 2, acompanhados das respectivas informações sobre autor, ano de publicação e país de origem do estudo.

Tabela 2. Artigos científicos selecionados através da revisão sistemática

N°	Autor (Ano)	País	N°	Autor (Ano)	País
1	Degli Esposti et al. (2023)	Itália	18	Salve et al. (2020)	Índia
2	Lin et al. (2022)	China	19	Van Nguyen et al. (2020)	Vietnã
3	Poonkasem et al. (2022)	Tailândia	20	Lasota & Hankiewicz (2020)	Polônia
4	Rossi et al. (2022)	Itália	21	Thomas et al. (2019)	Reino Unido
5	Yang et al. (2022)	China	22	Gumasing Sasot (2019)	Filipinas
6	Thomas et al. (2021)	Reino Unido	23	Bulduk (2019)	Turquia
7	Kasemy et al. (2021)	Egito	24	Ziaei (2018)	Iran
8	Tshivhase et al. (2022)	África do Sul	25	Jeong (2016)	Coréia
9	Botti et al.(2020)	Itália	26	Çakit (2015)	Turquia
10	Molinaro et al. (2020)	Estados Unidos	27	Yang et al. (2001)	Taiwan
11	Thomas et al. (2018)	Uk	28	Bleck & Wettberg (2012)	Alemanha
12	Jerie (2016)	Zimbaue	29	Do Nascimento Júnior e Pessoa (2012)	Brasil
13	Velasco Garrido et al.(2015)	Alemanha	30	Mehrdad et al. (2008)	Iran
14	Abou-ElWafa et al. (2012)	Egito	31	Kuijer et al. (2005)	Holanda
15	Kuijer et al.(2000)	Holanda	32	Kuijer et al.(2003)	Holanda
16	De Looze et al.(1995)	Holanda	33	Kingma et al.(2003)	Holanda
17	Onishi e Nomura (1973)	Japão	34	Laursen & Schibye (2002)	Dinamarca

Com base nos resultados encontrados nos artigos publicados, foram identificados vários fatores de risco associados às lesões musculoesqueléticas, os quais podem ser subdivididos em:

(1) fatores físicos sociodemográficos e individuais;

(2) fatores ambientais;

(3) fatores ergonômicos;

(4) fatores organizacionais;

(5) fatores psicossociais.

Os fatores físicos sociodemográficos e individuais utilizados entre autores foram idade, género, IMC, tempo de serviço e hábitos de fumar, hábitos de beber (Gumasing & Sasot, 2019; Van Nguyen et al., 2020).

Foram considerados fatores ambientais as condições climáticas, iluminação, a exposição a vibrações e ruído (Gumasing & Sasot, 2019).

No que tange aos fatores de riscos ocupacionais relacionados à tarefa, os autores indicaram as exigências físicas de trabalho, as posturas e os movimentos adotados no carregamento, transporte, levantamento de carga, puxar e empurrar contentores (Poonkasem et al., 2022; Tshivhase et al., 2022; Yang et al., 2022).

Outros fatores relacionados à tarefa foram citados, nomeadamente, o tipo de camião, horas de trabalho, a distância percorrida, o turno de trabalho, movimentos repetitivos, subir e descer do estribo, peso da carga, características dos recipientes e uso de equipamentos inadequados (Botti et al., 2020; Bulduk, 2019; Lasota & Hankiewicz, 2020).

Os fatores de risco de lesões lombares associadas às diferentes técnicas de arremesso adotadas na coleta de lixo foram estudados por Molinaro et al. (2020a) e Moore et al. (2021). Os estudos descobriram que o aumento da massa do saco influencia no aumento dos fatores de risco de lombalgia, independentemente da técnica.

No que se refere aos fatores organizacionais, pode citar-se o baixo suporte ao trabalho, baixo controle organizacional, formação deficiente e conhecimento insatisfatório (Kasemy et al., 2021).

No que concerne aos fatores psicossociais, foi encontrada a alta demanda de trabalho, alta autoridade de decisão no desempenho das tarefas, excesso de comprometimento, estresse, desequilíbrio entre esforço e recompensa, insatisfação com o trabalho e ansiedade (Lin et al., 2022).

Os autores sugerem intervenções de natureza ergonómica para reduzir o risco de LMERT na atividade de coleta de RSU, a saber, hábitos saudáveis, aquecimento muscular antes de realizar atividade, monitorização da saúde dos trabalhadores, formação e melhorias no ambiente psicossocial do trabalho. Alguns autores sugerem a substituição das estratégias tradicionais de coleta manual porta a porta por sistemas mecanizados e pela adoção de contentores inteligentes — como o modelo ECOFIL —, equipados com tecnologia de monitorização, gestão e controlo de acesso. Esses contentores possibilitam uma coleta seletiva mais eficiente, incluindo a dos resíduos orgânicos, cujo processo de deposição e segregação é gerido diretamente pelo utilizador (Rossi et al., 2022).

2.2.2 Lesões Musculoesquelética em Trabalhadores de Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos

Com o objetivo de identificar os principais métodos de coleta de resíduos, as regiões corporais mais afetadas e as técnicas de análise ergonômica aplicadas, realizou-se uma revisão sistemática sobre Lesões Musculoesqueléticas Relacionadas ao Trabalho (LMERT) em trabalhadores da coleta de resíduos urbanos. Foram utilizados, nesta etapa, os artigos apresentados no subitem anterior, voltados à análise do risco de lesões musculoesqueléticas nessa atividade.

Alguns estudos ocorreram em laboratório (Çakit, 2015; De Looze et al., 1995; Molinaro et al., 2020a) e, predominantemente, os métodos de coleta avaliados foram os realizados manualmente, por meio da coleta de sacos e uso de contentor com duas rodas (Abou-ElWafa et al., 2012; Kuijer et al., 2003, 2005; Ziaei et al., 2018), conforme consta na Figura 9.

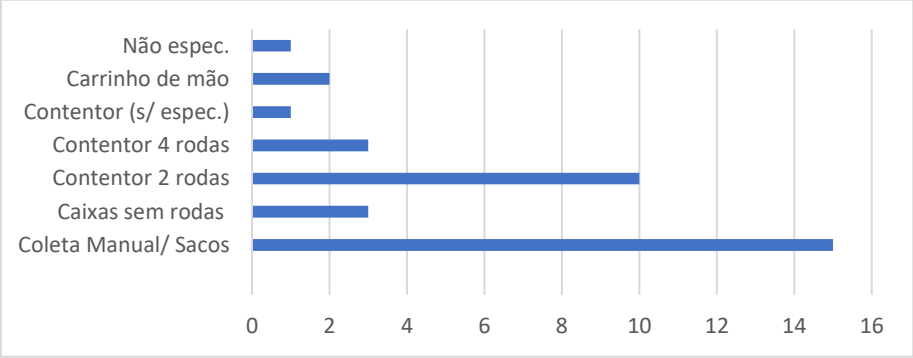


Figura 9. Métodos de coleta de resíduos analisados pelos artigos.

A coluna lombar constituiu a região corporal mais frequentemente investigada pelos autores, sendo também apontada como a mais afetada pela execução da atividade, correspondendo a 27,1% das áreas mais impactadas nos estudos analisados (Bulduk, 2019; De Looze et al., 1995; Emmatty & Panicker, 2019; Molinaro et al., 2020; Onishi & Nomura, 1973; Thomas et al., 2018). No entanto, outras regiões foram analisadas e apresentaram prevalência de risco de lesão, como os ombros e a região lombar, conforme mostra a Figura 10.

Em França, perdem-se 105 000 dias de trabalho anualmente devido a dores nas costas no setor de coleta e triagem de resíduos, o que equivale a 500 postos de trabalho a tempo inteiro. Mais de um em cada cinco acidentes de trabalho reconhecidos neste setor está ligado a dores lombares e a principal causa é o transporte de cargas que representa 9% dos casos (INRS, 2018).

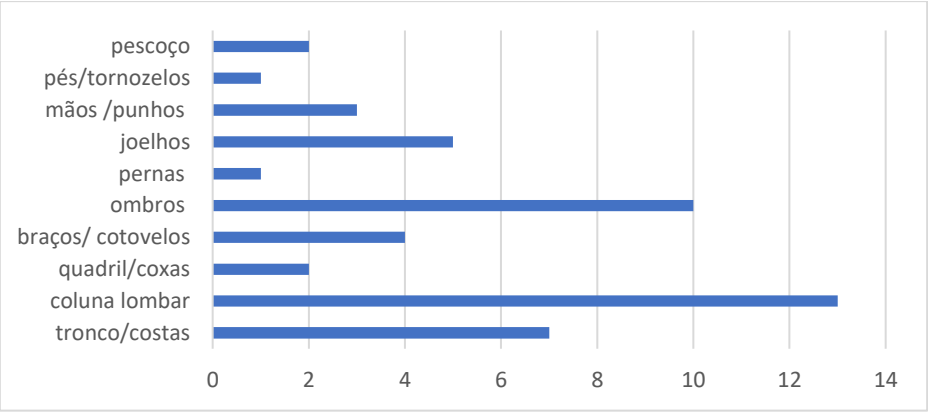


Figura 10. Região corporal mais estudada/afetada.

O custo humano da lombalgia é acompanhado de um custo econômico elevado de 10 milhões de euros de contribuições para acidentes de trabalho/doenças por ano Além destes custos, há outros custos associados como perda de produtividade, a substituição de trabalhadores ausentes e desorganização do trabalho

Na Alemanha, um estudo realizado por Velasco et al. (2015) avaliou o estado de saúde e a qualidade de vida relacionada à saúde dos trabalhadores de coleta de resíduos e concluiu que os problemas de saúde mais comuns foram queixas musculoesqueléticas como dor nas costas, relatada por 67,2% dos trabalhadores investigados.

Visando identificar os riscos ocupacionais associados às práticas de gestão de resíduos urbanos, Jerie (2016) concluiu que os incidentes mais frequentes são lesões musculoesqueléticas, tais como dor na região lombar, cotovelos e punhos.

Um estudo conduzido com 267 coletores municipais de resíduos sólidos em Ancara, Turquia (Bulduk, 2019), relatou elevados níveis de estresse de LMERT. Os resultados indicaram que a dor na região superior das costas apresentou a maior prevalência, afetando 89,1% dos participantes. A dor nos ombros foi relatada por 80,9%, nos punhos e mãos por 78,6%, e a dor lombar por 73,4% dos trabalhadores.

Outro estudo, desenvolvido com 180 trabalhadores da coleta de resíduos sólidos na cidade de Mumbai (Salve et al., 2020), constatou que 45% apresentavam alguma LMERT e 38,9% apresentavam queixas na região lombar.

Com o objetivo de estudar a prevalência de distúrbios osteomusculares em 44 cantoneiros de resíduos sólidos de João Pessoa, no Brasil (Do Nascimento Júnior & Da Costa Santos Pessoa, 2012), foi relatado que 36% dos trabalhadores queixavam-se de dores e 56,2% de sintomas relacionadas ao trabalho. As principais regiões corporais afetadas foram região lombar (38%), joelhos (25%) e ombros (18,8%).

No Brasil, desde dezembro de 2022, a atividade de coleta de resíduos urbanos foi regulamentada através da Norma Regulamentadora 38, do Ministério do Trabalho e Emprego, que trata da segurança e saúde no trabalho nas atividades de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. A norma estabelece os requisitos e as medidas de prevenção para garantir as condições de segurança e saúde dos trabalhadores nessas atividades.

No Egito, Abou-ElWafa et al. (2012), investigaram a incidência de LMERT em 160 coletores de lixo municipais e constataram que 60,8% apresentaram queixas musculoesqueléticas nos últimos 12 meses. A região lombar foi a mais acometida em (22,5%), seguida dos ombros (15,8%); pescoço (7,5%) e joelhos (6,7%).

Um estudo realizado no condado de Kaohsiung, Taiwan, por Yang et al. (2001), concluiu que a atividade de coleta de resíduos sólidos aumenta o desenvolvimento de sintomas musculoesqueléticos. Os autores aplicaram um questionário para identificar a presença de queixas musculoesqueléticas em 533 trabalhadores da coleta municipal de lixo e em 320 sujeitos do grupo de controle. O estudo mostrouamior potencial para lesões na região lombar, cotovelos e punhos em trabalhadores da coleta de lixo, em comparação ao grupo controle.

No Irão, Mehrdad et al. (2008) procuraram determinar a prevalência de sintomas músculoesqueléticos em 217 trabalhadores municipais de resíduos sólidos, utilizando o *Nordic Musculoskeletal Questionnaire* (NMQ) padronizado. Dos trabalhadores entrevistados, 142 (65%) relataram ter sofrido sintomas osteomusculares nos últimos 12 meses.

As técnicas de análise ergonômicas utilizadas nos artigos foram variadas. Entre elas, destacam-se: técnicas de análise postural (Botti et al., 2020; Çakit, 2015; Gumasing & Sasot, 2019), análise biomecânica e do movimento (Kuijer et al., 2003; Laursen & Schibye, 2002) e questionários sintomatológicos (Abou-ElWafa et al., 2012; Bastani & Celik, 2015; Salve et al., 2020a). Alguns questionários, inclusive, foram desenvolvidos pelos próprios autores (Do Nascimento Júnior & Da Costa Santos Pessoa, 2012; Yang et al., 2001a). O NMQ foi uma das técnicas mais utilizadas entre os estudos (ver Figura 11).

Na Turquia, Bulduk (2019) aplicou o NMQ para determinar a prevalência e o impacto dos sintomas osteomusculares relacionados ao trabalho. Também utilizou o instrumento universal de avaliação da dor, com o objetivo de avaliar a intensidade da dor por meio de uma escala de 0 a 10.

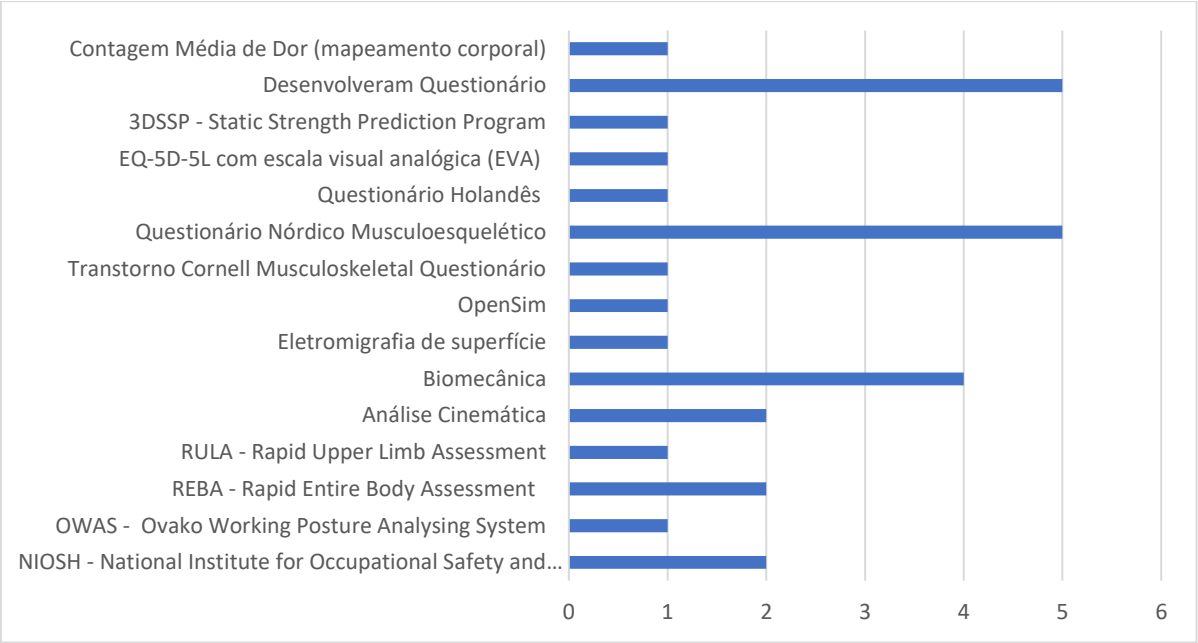


Figura 11. Técnicas de análise ergonômica utilizadas nos artigos estudados.

As condições de saúde dos coletores de resíduos foram avaliadas por Gumasing e Sasot (2019), através do *Rapid Entire Body Assessment* (REBA). Os autores identificaram que a atividade possui risco médio, isso significa que é capaz de desenvolver lesões musculoesquelética na região lombar, braços e pulsos. Segundo os autores, a alta compressão nas costas devido à elevação e transporte de sacos aumenta o risco de prejuízo para uma parte da população do estudo.

2.3 Ferramentas de Análise de Lesões Musculoesquelética

Na ergonomia, existem diversas técnicas e ferramentas que auxiliam na identificação do risco de lesões musculoesqueléticas. Para avaliar as posturas e a carga física no trabalho, a ergonomia recorre a instrumentos que permitem identificar o risco em atividades dinâmicas e estáticas. Esses recursos vão desde questionários sintomatológicos, aplicados por meio de entrevista ou autoavaliação, até instrumentos mais complexos de análise. Estas técnicas podem ser medidas de forma qualitativa, onde os resultados são subjetivos, quantitativos e semiquantitativos. Ferramentas como o *Nordic Musculoskeletal Questionnaire* – NMQ e escala de Borg (RPE – *Rating of Perceived Exertion*), são registros de avaliação subjetiva, onde o desconforto da atividade é avaliado com base na percepção do trabalhador. As medições semiquantitativas são usadas para avaliação postural e carga física durante o trabalho. As técnicas mais utilizadas são o RULA (*Rapid Upper-Limb Assessment)*, o REBA (*Rapid Entire Boby Assessment*), o OWAS (*Ovako Working Posture Analysing System*) e Equação NIOSH (*National*

Institute for Occupational Safety and Health). No âmbito das técnicas quantitativas, a eletromiografia de superfície permite avaliar a ativação muscular durante tarefas específicas; a goniometria possibilita a análise dos ângulos articulares nos movimentos; a análise cinemática registra os padrões de movimento; e a dinamometria mede as forças exercidas.

Na presente tese, serão detalhadas apenas as técnicas aplicadas à avaliação da carga física relacionadas à atividade de coleta de resíduos.

2.3.1 Avaliação sintomatológica de LMERT

É comum a utilização de questionários para avaliar o constrangimento físico e identificar o potencial de lesão musculoesquelética em profissionais. Como exemplo, podem ser citados o NMQ e o Diagrama de Dores de Corlett e Manenica (1980).

O NMQ é amplamente utilizado para a análise de sintomas musculoesqueléticos no contexto da saúde ocupacional e da ergonomia. Pode ser aplicado como questionário ou como entrevista estruturada. O objetivo desse instrumento é investigar a prevalência de sintomas musculoesqueléticos que limitaram as atividades normais nos últimos 7 dias e nos últimos 12 meses.

O questionário avalia nove regiões anatômicas: pescoço, ombros, região dorsal (parte superior das costas), cotovelos, região lombar (parte inferior das costas), punhos/mãos, quadris/coxas, joelhos e tornozelos/pés.

O NMQ apresenta um diagrama das regiões corporais para facilitar a identificação das áreas avaliadas e demonstra confiabilidade aceitável nos estudos em que foi aplicado (Kuorinka et al., 1987).

O Diagrama de Dores foi desenvolvido por Corlett e Manenica (1980), permitindo identificar, a partir da percepção do investigado, os locais do corpo que apresentam maior incidência de desconforto e/ou dor. Esse diagrama analisa seis segmentos corporais bilateralmente — pescoço, ombros, cotovelos/antebraços, costas, punho/mão e pernas/pés — por meio de uma escala de desconforto. Essa escala varia em seis níveis, do nível 0 (“sem problema”) até o nível 5 (“insuportável”), que devem ser marcados para cada lado do corpo (Iida, 2018).

2.3.2 Avaliação de Esforço Percebido de Borg

A Escala de Borg (Borg, 1998) é uma escala numérica desenvolvida pelo fisiologista sueco Gunnar Borg para avaliar o esforço percebido. A avaliação da percepção de esforço é utilizada tanto em atividades

aeróbicas quanto em exercícios de fortalecimento muscular, sendo uma forma prática de medir o nível de intensidade da atividade física.

O trabalhador utiliza a escala para indicar sua própria percepção de esforço e/ou desconforto. Inicialmente, a escala numérica (de 6 a 20 pontos) variava proporcionalmente à frequência cardíaca, entre 60 e 200 batimentos por minuto. Posteriormente, foi ajustada para variar de 0 a 10, abrangendo 12 intensidades de esforço, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Escala de Borg para avaliação da percepção subjetiva de esforço. Fonte Borg (1998).

Nível	Intensidade de esforço
0	Nenhum esforço, repouso
0,5	Extremamente leve
1	Muito leve
2	Moderadamente leve
3	Moderado
4	Pouco intenso
5	Pouco-médio intenso
6	Medianamente intenso, suportável
7	Médio-alto intenso, cansativo
8	Muito intenso, muito cansativo
9	Extremamente intenso, exaustivo
10	Exaustivo, insuportável

Para avaliar o grau de severidade e desconforto nos segmentos corporais no processo de coleta de resíduos, Lasota e Hankiewicz (2020) e Çakit (2015) utilizaram a Escala de Percepção Subjetiva de Esforço de Borg.

2.3.3 Técnicas de avaliação postural

As técnicas de avaliação postural mais utilizadas na ergonomia são: RULA (*Rapid Upper-Limb Assessment*), o REBA (*Rapid Entire Boby Assessment*), o OWAS (*Ovako Working Posture Analysing System*) e equação NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*).

O *RULA* (*Rapid Upper-Limb Assessment*), desenvolvido por McAtamney e Corlett (1993), é um método amplamente utilizado para avaliar a carga de trabalho nos membros superiores, especialmente em tarefas repetitivas, como as realizadas por profissionais de digitação. O RULA permite analisar a atividade muscular estática e as forças exercidas pelos segmentos corporais (Iida, 2018), considerando a amplitude de movimento das articulações dos braços, antebraços, mãos, pescoço, tronco, pernas e pés.

O *REBA* (*Rapid Entire Body Assessment*), método aplicado na presente tese, foi desenvolvido por Hignett e McAtamney (2000) como uma evolução do RULA, podendo ser usado para avaliar posturas de todo o corpo e cargas de trabalho em tarefas que envolvem manuseio de materiais.

O REBA tem sido amplamente empregado na avaliação de risco ergonômico (Hita-Gutiérrez et al., 2020), visto que possibilita analisar tanto os membros superiores quanto os inferiores (Iida, 2018). Geralmente, em combinação com outras ferramentas, o método pode ser um indicador decisivo para orientar ações ergonômicas em empresas (Hita-Gutiérrez et al., 2020).

O protocolo é aplicado em ambos os lados do corpo e em todas as posturas consideradas relevantes para a avaliação (Iida, 2018).

A avaliação de riscos considera a pontuação de três fatores:

1) Pontuação A, pontuação da posição do pescoço, tronco (torção + flexão lateral) e pernas + pontuação de Força/Carga;

2) Pontuação B, pontuação da posição do braço (elevação ombro + abdução - apoio), antebraço (supinação/pronação) e do punho (desvio radial/ulnar) + pontuação do acoplamento;

3) Pontuação C, pontuação combinada de Pontuação A e Pontuação B + Pontuação de atividade.

A partir da pontuação final, o risco da atividade e o nível de ação são identificados da seguinte forma:

- Nível de ação 0 – Pontuação 1: risco inexistente; a postura é aceitável, não sendo necessárias providências;
- Nível de ação 1 – Pontuação 2 ou 3: risco baixo; podem ser necessárias providências futuras;
- Nível de ação 2 – Pontuação 4 a 7: risco médio; são necessárias providências a médio prazo;
- Nível de ação 3 – Pontuação 8 a 10: risco alto; são necessárias providências a curto prazo;
- Nível de ação 4 – Pontuação 11 a 15: risco muito alto; são necessárias providências imediatas.

O *OWAS* (*Ovako Working Posture Analysing System*) é uma técnica de observação e análise de posturas desenvolvida por três pesquisadores finlandeses (Karhu, Kansi & Kuorinka, 1977). O método baseia-se em observações das posições do dorso, braços, pernas e da carga em intervalos de tempo predefinidos, sendo cada observação avaliada e classificada. As classes dependem do tempo de duração das posturas, em percentagens da jornada de trabalho (Iida, 2018).

A *Equação de Levantamento da NIOSH* (Waters et al., 1994) é utilizada para o manuseio e levantamento de cargas, tendo como objetivo reduzir a ocorrência de lesões provocadas por esse tipo de atividade. A equação permite calcular o peso máximo recomendável em tarefas repetitivas de levantamento. De acordo com o modelo, a carga recomendada (*Recommended Weight Limit – RWL*) para um levantamento ideal — definido como altura inicial de 75 cm do solo, distância horizontal de 25 cm do corpo, deslocamento vertical de 25 cm ou menos, segurando a carga com ambas as mãos e sem torção do tronco — é de 23 kg. Esse valor foi calculado para proteger 99% dos homens e 75% das mulheres saudáveis.

2.3.4 Análise Cinemática

A análise cinemática corresponde a uma técnica de observação do movimento humano por meio de vídeo, utilizada para avaliar postura e o potencial de risco de lesão musculoesquelética (David, 2005). O método registra os dados em computador, que posteriormente são analisados em software específico. A variação da postura do trabalhador é registrada em tempo real durante um período de trabalho representativo, permitindo a avaliação simultânea de vários segmentos corporais. Podem ser determinadas diversas variáveis, como distância do movimento, mudanças angulares, velocidade e aceleração (David, 2005).

De acordo com Cirne (2013), a cinemática é a descrição exata do movimento e é essencial para a compreensão da biomecânica do corpo humano. O autor explica que a cinemática pode variar desde descrições anatômicas de rotações articulares até medições matemáticas precisas de movimentos musculoesqueléticos.

Aplicada em diversos campos, como biomecânica, desporto, reabilitação e ergonomia, a técnica pode ser realizada com sistemas compostos por sensores inerciais e de comunicação, combinados a algoritmos avançados de fusão de sensores que utilizam modelos biomecânicos (XSENS, 2015).
Alguns estudos recorreram à análise cinemática para observar posturas desfavoráveis que podem causar dor e estresse, bem como para auxiliar na melhoria do layout de trabalho e reduzir impactos à saúde do trabalhador (Draicchio et al., 2012; Hauck et al., 2018).

2.3.5 Eletromiografia de Superfície

A eletromiografia de superfície (EMG) é uma técnica de análise ergonômica que permite identificar a solicitação muscular associada à execução de uma determinada postura ou movimento (Iida, 2022). Trata-se de uma técnica de avaliação biomecânica, não invasiva, realizada por meio da colocação de eletrodos sobre a superfície da pele, que registra os sinais elétricos gerados pelas células musculares, possibilitando a análise da atividade muscular durante o movimento (Ocarino et al., 2005).

De acordo com De Luca (1997), a EMG permite investigar quais músculos são utilizados em determinado movimento. A análise é aplicada para avaliar o nível de ativação muscular ao longo do tempo, a relação entre a amplitude da força muscular e as possíveis inferências sobre o índice de fadiga muscular.

Segundo Maton (1981), as mudanças na atividade mioelétrica durante a fadiga local são determinadas pela amplitude do EMG, que cresce durante a contração.

A EMG é um método amplamente aplicado na ergonomia para avaliar a fadiga muscular em tarefas que exigem carga física, esforço repetitivo e contrações musculares (Al-Qaisi et al., 2020; Colim, 2017; Iranzo et al., 2020; Molinaro et al., 2020b).

Alguns estudos utilizaram a EMG para avaliação de risco de lesões musculoesqueléticas na atividade de coleta e limpeza de resíduos. Silva et al. (2020) aplicaram a técnica para verificar a fadiga muscular em três trabalhadores de serviços gerais, durante a tarefa de remoção de sacos de 15 kg de contentores de duas rodas. Foram avaliados bilateralmente o *multífidus* — grupo muscular localizado na parte posterior do tronco, entre as vértebras — e o trapézio superior, que se origina no osso occipital e nas primeiras vértebras cervicais, inserindo-se no bordo posterior da clavícula e cuja ação principal é a elevação dos ombros. Os autores concluíram que a remoção dos sacos de lixo dos contentores oferece riscos musculoesqueléticos relacionados à região lombar e aos ombros.

No estudo de Molinaro et al. (2020b), a EMG foi utilizada para investigar a ativação muscular da região lombar em 10 participantes durante a execução de três técnicas de lançamento de resíduos com simetria lombar variável: técnica simétrica, técnica de postura fixa assimétrica e técnica assimétrica com pivô. Foram calculados os momentos lombares e as cargas de reação durante a atividade de lançamento de sacos de 3, 7 e 11 kg, com o objetivo de quantificar os efeitos da técnica e do peso do saco no risco de lombalgia. Foram avaliados o reto abdominal — músculo da parede abdominal anterior, composto por dois feixes verticais que se estendem do púbis ao esterno, separados pela linha alba —; os eretores da espinha (esquerdo e direito) — grupo de músculos profundos das costas que se estendem ao longo da coluna vertebral, da região sacral até o crânio —; o latíssimo do dorso (*latissimus dorsi*) — músculo largo localizado na parte inferior das costas e superior do tronco —; e o oblíquo externo — músculo abdominal superficial localizado na parede lateral do abdome.

As ativações musculares foram estimadas por dois métodos: o método assistido por EMG, que incluía dados de eletromiografia na solução, e o método convencional de otimização estática, que não incluía. O método assistido por EMG reproduziu com maior precisão a ativação muscular medida, resultando em forças de compressão e de cisalhamento de pico significativamente maiores, em magnitudes indicativas de risco de lombalgia. O estudo sugere o uso de técnicas rápidas e assimétricas ao manusear objetos leves, e técnicas mais lentas e simétricas para objetos mais pesados, de modo a reduzir o risco de lombalgia durante o lançamento de resíduos. Os resultados que apontam aumento do risco em técnicas assimétricas foram, em sua maioria, inconclusivos. Contudo, o aumento da massa do saco elevou consistentemente os fatores de risco de dor lombar, independentemente da técnica utilizada.

2.4 Fator Fisiológico - Frequência Cardíaca

De acordo com Nascimento Júnior e Pessoa (2012), a avaliação do gasto energético durante o trabalho e de sua demanda física é fundamental para as áreas da fisiologia do trabalho e da saúde ocupacional, pois fornece informações essenciais para determinar a carga fisiológica de trabalho e estimar as necessidades energéticas dos trabalhadores. A frequência cardíaca (FC) corresponde a um indicador fisiológico frequentemente utilizado na avaliação do esforço físico (Iida, 2018), uma vez que o aumento da carga de trabalho ocasiona também aumento da frequência cardíaca (Rodalh, 2005).

A carga física de trabalho à qual o trabalhador está exposto pode ser avaliada por meio da medição direta do gasto de energia necessário para a realização da atividade. Isso é feito pela determinação do consumo

de oxigênio do trabalhador durante o desempenho do trabalho em questão e pelo registro da FC ao longo da tarefa (Bulduk, 2019).

Através da FC é possível determinar a carga física de trabalho e identificar os limites aceitáveis de frequência cardíaca para o desempenho da tarefa, bem como realizar ajustes da carga de trabalho de acordo com a capacidade física do trabalhador (Apud ,1989).

Visando avaliar a carga de trabalho nos trabalhadores de coleta de resíduos urbanos, Anjos et al. (2007), monitoraram a FC de 70 trabalhadores e concluíram que o gasto energético foi excedido. A média da FC durante a coleta de resíduos foi de 104,0 ± 11,7bpm (± desvio padrão), representando 56,9 ± 7,5% da frequência cardíaca máxima. A atividade de coleta de resíduos foi classificada como pesada.

Segundo o *Center for Disease Control and Prevention* (CDC, 2024), a intensidade da atividade física pode ser avaliada verificando se a frequência cardíaca (FC) do indivíduo se encontra na zona-alvo durante o exercício. Em atividades de intensidade moderada, a FC alvo corresponde a 64–76% da FC máxima, estimada pela fórmula: 220 menos a idade.

O resultado encontrado deve ser multiplicado por 64% e 76% para definir a faixa alvo em batimentos por minuto (bpm). Para atividades vigorosas, a FC alvo deve situar-se entre 77% e 93% da FC máxima (CDC, 2024).

Na maioria dos indivíduos, uma frequência cardíaca em torno de 120–130 bpm corresponde a uma carga de trabalho de cerca de 50% do consumo máximo de oxigênio, quando a maioria dos indivíduos começam a ficar ligeiramente sem fôlego (Bulduk, 2019).

A sensação subjetiva de fadiga, segundo Bulduk (2019), ocorre ao final da jornada de trabalho de 8 horas quando a carga média ultrapassa 30–40% da carga máxima individual de trabalho. Os sintomas variam desde leve cansaço até exaustão completa.

A variação do comportamento da FC durante o trabalho é influenciada pelo esforço físico, pelo peso do material levantado e pelas inclinações ascendentes e descendentes do solo (Fadini & Braz, 2016; Fiedler et al., 2012). Além disso, a declividade do terreno pode comprometer a postura dos trabalhadores e aumentar a sobrecarga dos membros inferiores. As longas distâncias percorridas em terrenos íngremes e a variação da FC foram objeto de estudo de Minette et al. (2015), que investigaram a carga cardiovascular em trabalhadores florestais em ambientes montanhosos. Os autores constataram que a FC desses trabalhadores foi classificada como moderadamente pesada, com tendência para pesada, e que a declividade do terreno influencia na ocorrência de lesões musculoesqueléticas.

Capítulo 3 - Metodologia

Este capítulo aborda as etapas de execução do estudo, que foi subdividido em três fases principais. A primeira consistiu na revisão bibliográfica, apresentada no capítulo anterior, utilizando o método *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (*PRISMA*) (Liberati et al., 2009), para identificar artigos científicos sobre a temática nas bases de dados *Scopus, PubMed e Web of Science.*

A segunda etapa correspondeu à análise de campo, realizada por meio de visitas e acompanhamento da atividade com o objetivo de conhecer o processo, os circuitos, os tipos de coleta e os equipamentos utilizados. Nessa etapa, foram aplicados: o questionário estruturado, *Nordic Musculoskeletal Questionnaire* (NMQ), o questionário de esforço percebido de Borg, o monitoramento da frequência cardíaca (FC) e identificado o registro de afastamento decorrente de distúrbios musculoesqueléticos.

A terceira etapa foi desenvolvida na Universidade do Minho, onde a atividade de coleta de resíduos foi simulada em laboratório por voluntários — não profissionais — para análise cinemática do movimento e eletromiografia de superfície (EMG). Os dados foram organizados e tratados estatisticamente com os *software Microsoft Office Excel* (versão 2312), R-*Studio* (versão 4.3.2) e *R Core Team* (2023).

3.1 Caracterização do estudo

Trata-se de um estudo descritivo com caráter qualitativo e quantitativo. Os métodos utilizados englobaram questionários e técnicas ergonômicas de análise qualitativa e quantitativa. O modelo de investigação adotado para coleta e análise de dados consistiu em uma abordagem transversal, positivista e indutiva. O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética para Pesquisa em Ciências Sociais e Humanas da Universidade do Minho (Parecer nº 052/2021 e Adenda 1). Participaram trabalhadores envolvidos na atividade de coleta de resíduos urbanos indiferenciados em três municípios da região Norte de Portugal: Guimarães, Fafe e Felgueiras. Na fase de testes laboratoriais, participaram voluntários — estudantes e trabalhadores da Universidade do Minho.

3.2 Caracterização dos sujeitos

Os trabalhadores foram recrutados pelo Departamento de Serviços Urbanos e Meio Ambiente dos municípios. O objetivo do estudo foi apresentado previamente pelo gerente municipal de Segurança e Saúde Ocupacional ou pelo gerente de Meio Ambiente, e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

No total, 54 trabalhadores da divisão de coleta de lixo dos três municípios participaram voluntariamente. Todos eram do gênero masculino, com idades entre 18 e 66 anos. As equipes eram compostas por três membros: dois cantoneiros e um motorista de caminhão.

Os critérios de inclusão foram: ausência de limitações físicas incapacitantes, escolaridade mínima equivalente ao 9º ano e domínio da língua portuguesa como língua materna. O turno de trabalho tinha duração de 5h45, com um intervalo de 15 minutos, distribuído nos horários: 06h00–12h40, 13h30–19h30 e 19h30–02h10. Este estudo concentrou-se apenas nas equipes que realizavam a coleta porta a porta, utilizando sacos, baldes e contentores de duas e quatro rodas.

Na etapa que envolveu a análise experimental por meio da ACM e EMG, participaram 14 voluntários da Universidade do Minho, que auxiliaram na simulação da pesquisa em laboratório. Inicialmente, foram realizados testes-piloto para estruturar a metodologia de investigação e efetuar os ajustes necessários, com a participação de três voluntários.

Na fase seguinte, os testes contaram com a colaboração de 11 voluntários. No entanto, apenas 10 puderam ser incluídos na amostra final, visto que uma coleta foi interrompida devido à chuva.

A amostra foi composta por estudantes e trabalhadores da Universidade do Minho, de diferentes nacionalidades (Portugal, Brasil, Colômbia, Espanha e Malásia), todos do gênero masculino, com idades entre 20 e 54 anos e sem limitações físicas incapacitantes.

3.3 Estudo de campo

3.3.1 Entrevista e questionário sociodemográfico

O questionário sociodemográfico foi estruturado tendo como base os elementos relevantes abordados em artigos científicos com potencial relação com as lesões musculoesqueléticas. O questionário apresentado no Apêndice I, foi subdivido em 4 partes, a saber, informações gerais, dados demográficos, dados profissionais e informações relativas à saúde. Nas informações gerais foram levantadas a tipologia de caminhão, local de atuação, a função, e as preferências quanto ao método de coleta a ser realizado. Referente aos dados demográficos, foram levantadas a idade, altura, peso, o gênero, mão dominante e

escolaridade dos trabalhadores. A altura e o peso dos trabalhadores foram recolhidos utilizando-se balança digital da marca Hoffen, Figura 12.



Figura 12. Balança digital Hoffen

No que se refere aos dados profissionais, foram coletadas informações sobre o tempo de serviço na função, horário de início e término da jornada, total de horas trabalhadas, duração e número de pausas, se a atividade era realizada em companhia de colegas de trabalho e se o participante já havia sofrido algum acidente relacionado à função.

Em relação às informações de saúde, foram identificados hábitos de vida, como a prática regular de atividade física, tabagismo e consumo de bebidas alcoólicas. Também foi investigada a presença de problemas de saúde, tais como doenças respiratórias, cardíacas, diabetes e distúrbios musculoesqueléticos. Além disso, verificou-se se o participante já havia se afastado do trabalho em decorrência desses problemas, bem como a duração do período de afastamento.

Todas as informações obtidas por meio do questionário foram consideradas pertinentes aos objetivos do estudo.

Nesta etapa, a atividade de coleta foi acompanhada durante toda a jornada de trabalho por meio de um veículo que seguiu o circuito realizado pela equipe. Foram realizados registros em vídeo com câmeras de resolução 4K (2160p) e Full HD (1080p), ambas com taxa de 30 fps, a fim de identificar as principais posturas adotadas pelos trabalhadores e os equipamentos utilizados. O objetivo foi reunir subsídios para a estruturação da simulação experimental em laboratório.

Complementarmente, investigou-se a existência de registros de afastamento médico dos trabalhadores em decorrência de LMERT.

3.3.2 Estudo sintomatológico de LMERT

O NMQ (Kuorinka et al., 1987), na versão adaptada por Iida (2018), foi aplicado com o objetivo de identificar o potencial de risco para lesões musculoesqueléticas entre os participantes. O instrumento

possibilitou a análise da prevalência de distúrbios musculoesqueléticos ocorridos nos últimos 12 meses e nos últimos 7 dias, abrangendo nove regiões corporais. Considerando as características da atividade laboral investigada, foi incluída a região das pernas, ampliando a cobertura anatômica em relação à versão original do questionário.

Além disso, o NMQ permitiu identificar se os trabalhadores apresentaram limitações no desempenho das atividades habituais ou necessitaram de atendimento médico em decorrência dos sintomas relatados. Para assegurar a clareza na compreensão das perguntas e a consistência das respostas, o instrumento foi aplicado por meio de entrevista individual.

O NMQ foi adaptado e incluída escala de intensidade de dor, para as regiões corporais em que havia o registro de queixas. A escala de 1 a 10, sendo 1 a melhor condição possível e 10 a pior condição possível, é comumente utilizada pra definir a intensidade de incômodo ou dor e tem como referência a escala de Likert (1932), utilizando-se 10 pontos, visto que facilita a compreensão do sistema de numeração pelo sujeito e fornece um ganho na transmissão da informação (Dalmoro & Vieira, 2014).

Com o objetivo de avaliar os níveis de estresse relacionado ao trabalho e distúrbios musculoesqueléticos entre coletores municipais de resíduos sólidos em Ancara, Bulduk (2019a) utilizou a escala de 0 a 10 para identificar a intensidade da dor durante a tarefa.

3.3.3 Frequência cardíaca

Com o objetivo de analisar a carga física da atividade, foi realizado o monitoramento da frequência cardíaca (FC) de 34 trabalhadores, sendo 12 do município de Guimarães, 11 do município de Fafe e 11 do município de Felgueiras. No município de Guimarães, foram monitorados os trabalhadores dos turnos da manhã e da tarde, não sendo possível coletar a FC durante o turno da noite devido à necessidade de acompanhamento ao longo de toda a jornada noturna. No município de Fafe, todos os trabalhadores foram monitorados. Já em Felgueiras, todos os trabalhadores foram acompanhados, exceto um, em razão de falha no equipamento. O monitoramento foi realizado com um Tic Smart Watch, modelo S2 (Tic Watch, Brasil) (Figura 13), e os dados foram analisados na plataforma Mobvoi, vinculada ao dispositivo. As características técnicas dos smartwatches utilizados neste estudo foram validadas por (Sigcha et al., 2018), uma vez que atendem aos requisitos de taxa de amostragem necessários para a detecção da frequência cardíaca durante o monitoramento de atividade física ocupacional.



Figura 13. Tic Smart Watch, modelo S2.

Para determinar a carga de trabalho física, Apud (1997) desenvolveu um cálculo que permite identificar os limites de frequência cardíaca (FC) aceitáveis para o desempenho da tarefa, bem como realizar os ajustes necessários da carga de trabalho de acordo com a capacidade física do trabalhador. O método classifica a carga de trabalho com base na FC média, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Classificação da Atividade pela FC (Apud, 1997).

	FC Média (bpm)
< 75	Muito leve
75-100	Leve
100-125	Moderadamente pesado
125-150	Pesado
>150	Extremamente pesado

A carga cardiovascular (CCV) é calculada pela diferença entre a frequência cardíaca de trabalho (FCT) e a frequência cardíaca de repouso (FCR), dividida pela diferença entre a frequência cardíaca máxima (FCM) e a frequência cardíaca de repouso (FCR), multiplicada por 100. A frequência cardíaca máxima (FCM) é estimada pela fórmula 220 menos a idade em anos, conforme apresentado na Equação 1.

Equação 1 $$CCV = \frac{FCT - FCR}{FCM - FCR}\ x\ 100$$

em que:

CCV = carga cardiovascular (%);

FCT = frequência cardíaca de trabalho (bpm);

FCR = frequência cardíaca de repouso (bpm); e

FCM = frequência cardíaca máxima (220 – idade em anos).

Segundo Apud (1997), para a realização de um trabalho contínuo sem riscos à saúde, a carga cardiovascular (CCV) não deve ultrapassar 40% durante um turno de trabalho de 8 horas. Nos casos em que a CCV excedeu esse valor, foi calculada a frequência cardíaca limite (FCL), conforme apresentado na Equação 2:

Equação 2 $$\mathrm{FCL} = 0{,}40\ (\mathrm{FCM} - \mathrm{FCR}) + \mathrm{FCR}$$

Nas análises em que a carga cardiovascular (CCV) ultrapassou o limite de 40%, foi determinado, para fins de reorganização do trabalho, o tempo de repouso (pausa) necessário, conforme apresentado na Equação 3:

Equação 3 $$Tr = \frac{Ht\ (FCT - FCL)}{FCT - FRC}$$

em que:

Tr = tempo de repouso, descanso ou pausa, em min; e

Ht = duração do trabalho, em min.

Considerando que para calcular a carga de trabalho, Apud (1997) afirma que esta não deve exceder a 40% em um turno de trabalho de 8 horas, neste estudo, foi adotado 30%, visto que o turno de trabalho corresponde a 6 horas. Este valor está dentro da carga média de trabalho recomendada por Bulduk, (2019) a qual não deverá exceder 30-40 % da carga máxima do indivíduo para uma jornada de trabalho de 8h horas. Em média o tempo efetivo destinado para coleta de resíduos corresponde a 4 horas de um turno de trabalho. Sendo assim, calculou-se a frequência cardíaca limite (FCL) através da Equação 4:

Equação 4 $$\mathrm{FCL} = 0{,}30\ (\mathrm{FCM} - \mathrm{FCR}) + \mathrm{FCR}$$ (adaptada de Apud,1997)

O trabalho em áreas declivosas pode favorecer o surgimento de dores musculares causadas por posturas forçadas inadequadas ou ferimentos por quedas (Minette et al., 2015). Além disso, estudos apontam a relação entre a FC com as condições altimétricas do terreno (Fadini & Braz, 2016; Minette et al., 2015) e afirmam que as inclinações, tendem a modificar o comportamento de variáveis fisiológicas, tais como

a frequência cardíaca. Portanto, neste estudo foi analisado o comportamento da FC conforme a altimetria do terreno. Para essa análise, foram selecionadas três amostras aleatórias de trabalhadores, verificando-se as condições altimétricas do terreno nos momentos em que foram atingidas as FC máxima e mínima.

3.3.4 Escala de classificação de esforço percebido de Borg

Para avaliar a percepção do esforço dos trabalhadores durante atividades como transporte, levantamento, lançamento de sacos, puxar e empurrar contentores, além de subir e descer do estribo, foi aplicada a Escala de Esforço Percebido de Borg (Borg, 1998). O questionário foi adaptado para contemplar as principais etapas da atividade, incluindo imagens ilustrativas com o objetivo de facilitar a compreensão dos participantes, conforme apresentado na Figura 14.



Etapa 1. Empurrar contentor



Etapa 2. Puxar contentor



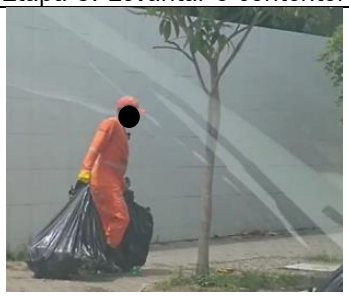
Etapa 3. Levantar o contentor



Etapa 4. Agachar (porta-a-porta)



Etapa 5. Subir e descer da plataforma



Etapa 6. Transportar (porta-a-porta)



Etapa 7. Lançar (porta-a-porta)

Figura 14. Etapas da coleta de resíduos.

3.4 Trabalho laboratorial

Com o objetivo de identificar os constrangimentos musculares durante a execução da tarefa e o risco de distúrbios musculoesqueléticos, a atividade de coleta de resíduos foi observada, bem como as condições de trabalho e seus principais equipamentos A atividade foi simulada em laboratório por voluntários da universidade, com o objetivo de investigar a ativação muscular e os riscos posturais. Para simular a coleta dos resíduos, foram utilizados contentores, sacos e baldes, com pesos variados e em diferentes condições de terreno.

Os métodos empregados para análise postural foi análise cinemática do movimento, através do uso de sensores inerciais Xsens. Os ângulos fornecidos pelo software do equipamento – XSENS MVN 2023.2 - possibilitaram a análise do risco de lesão através da metodologia REBA. O processamento dos dados foi realizado em planilhas do Microsoft Office Excel (versão 2402), configuradas e programadas pelo Laboratório de Ergonomia da Universidade do Minho, com o objetivo de analisar e identificar os riscos.Para identificar os músculos mais solicitados na atividade de coleta e verificar a ocorrência de fadiga, foi realizada a EMG, utilizando-se oito eletrodos instalados em quatro regiões corporais bilaterais, selecionadas por sua maior exigência na tarefa e conforme descrito em estudo científicos anteriores: trapézio superior, iliocostal, longuíssimo e multífido.

3.4.1 Descrição das tarefas simuladas em laboratório.

Os testes laboratoriais foram realizados com o objetivo de reproduzir as principais tarefas da atividade de coleta, Figura 14. Os voluntários executaram o levantamento e transporte manual de cargas utilizando sacos de 5 kg e 10 kg e um balde de 95 L contendo 10 kg de carga, deslocando-os por uma distância de 3 m até o ponto de deposição final. Posteriormente, os participantes realizaram as atividades de empurrar, puxar, abrir e fechar contentores, sendo um contentor de 1100 L (quatro rodas) com carga de 50 kg e outro de 120 L (duas rodas) com carga de 20 kg. Os ensaios foram conduzidos em três condições distintas de terreno: com desnível de passeio, com desnível por rampa (declive) e em mesmo nivel, conforme descrito na Tabela 5. A ordem de realização dos testes entre participantes foi aleatória.

Tabela 5. Tarefas simuladas em laboratório

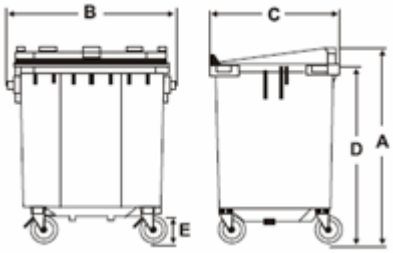
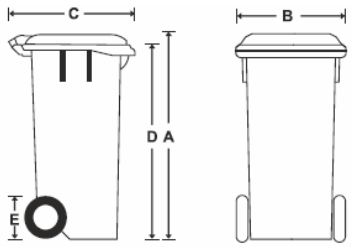
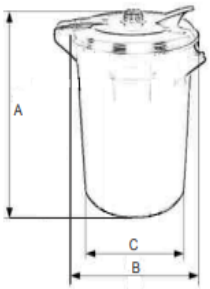
Tipo de coleta	Cargas kg	Condições de Análise		
		Com desnível por degrau	Com desnível por Rampa	Ao mesmo nível
Contentor de 120 L	20	x	x	x
Contentor de 1100 L	50	x	x	x
Balde de 95 L	10	A carga é elevada e transportada a uma distância de 3 metros do local de deposição final em terreno de mesmo nível		
Sacos	05			
Sacos	10			

Conforme apresentado na Tabela 5, os voluntários realizaram as seguintes tarefas: puxar, empurrar, fechar e abrir um contentor de quatro rodas, com capacidade de 1100 L e carga de 50 kg, em três condições distintas de terreno: com desnível por degrau, com desnível por rampa e em superfície plana. O mesmo procedimento foi realizado com um contentor de duas rodas, com capacidade de 120 L e carga de 20 kg. Além disso, foram executadas as tarefas de agachar, elevar, transportar e descarregar um balde de 95 L, com carga de 10 kg, até a altura do contentor de 1100 L (aproximadamente correspondente à altura do caminhão).

Adicionalmente, os voluntários realizaram as tarefas de agachar, elevar, transportar e lançar sacos de 5 kg e 10 kg, livremente, até a mesma altura anterior.

As características dos equipamentos utilizados encontram-se descritas na Tabela 6, e os protocolos com os procedimentos de simulação estão apresentados nos Apêndices III e V.

Tabela 6.Características dos equipamentos utilizados em laboratório

Características dos Equipamentos		Dimensões e pesos		
		Volume (L)		1048
		Peso (kg)		51
		Carga Máxima (kg)		505
		Altura total (mm)	A	1335
		Largura (mm)	B	1360
		Profundidade (mm)	C	1030
		Borda Superior (mm)	D	1230
		Diâmetro roda (mm)	E	200
		Volume (L)		120
		Peso (kg)		9
		Carga Máxima (kg)		60
		Altura total (mm)	A	945
		Largura (mm)	B	480
		Profundidade (mm)	C	540
		Borda Superior (mm)	D	900
		Diâmetro roda (mm)	E	200
		Volume (L)		94
		Peso(kg)		6
		Altura total (mm)	A	705
		Diâmetro da Tampa (mm)	B	500
		Diâmetro da Base (mm)	C	400

Antes da realização das tarefas foram igualmente recolhidos dados individuais para posterior caracterização da amostra, tais como: idade, peso, estatura, mão dominante, profissão e presença ou não de lesão musculoesquelética. A Figura 15 apresenta as três tarefas simuladas na Universidade do

Minho: manuseio de um contentor de duas rodas em terreno com desnível por rampa, de um contentor de quatro rodas em terreno com desnível devido ao passeio, e em superfície nivelada.



Figura 15. Simulação da atividade com contentor de duas rodas em rampa, contentor de quatro rodas em desnível e em superfície nivelada.

3.4.2 Estudo analítico cinemático e REBA

Para a avaliação postural, foi realizada a análise cinemática dos movimentos com o uso do equipamento Xsens. Esse sistema é portátil, não invasivo e permite a captura dos movimentos executados pelos diferentes segmentos corporais.

O equipamento, validado e comercialmente disponível, é composto por um kit vestível com 17 sensores inerciais, instalados nos segmentos corporais, que registram os dados em software XSENS MVN 2023.2 via Bluetooth. A disposição dos sensores está apresentada na Tabela 7 e ilustrada na Figura 16.

.

Tabela 7. Posicionamento dos sensores nos segmentos corporais

Índice	Segmentos	Descrição	Origem do quadro do segmento
1	Cabeça	Segmento final acima da junta C1 Cabeça.	C1Cabeça
2	Esterno (T8)	Segmento entre as juntas T9T8 e T1C7	T9T8
3	L5	Segmento entre as juntas L5S1 e L4L3	L5S1
4	Ombro direito	Segmento entre as articulações C7 Ombro direito e Braço superior direito GH	C7Ombro Direito

Índice	Segmentos	Descrição	Origem do quadro do segmento
5	Braço Superior Direito	Segmento entre as articulações Braço Superior Direito GH e Ombro Direito	Braço Superior Direito
6	Braço anterior direito	Segmento entre as articulações Ombro Direito e Punho Direito	Cotovelo Direito
7	Mão direita	Segmento final após articulação Punho Direito.	Pulso direito
8	Ombro esquerdo	Segmento entre as articulações C7 Ombro Esquerdo e Braço Superior Esquerdo GH	C7 Ombro esquerdo
9	Braço Superior Esquerdo	Segmento entre as articulações Braço superior esquerdo GH e ombro esquerdo	Braço superior esquerdo GH
10	Braço anterior esquerdo	Segmento entre as articulações ombro esquerdo e punho esquerdo	Esquerdo Cotovelo
11	Mão esquerda	Segmento final após articulação punho esquerdo	Pulso Esquerdo
12	Perna Superior Direita	Segmento entre as articulações quadril direito e joelhões direito	Quadril Direita
13	Perna Direita	Segmento entre as articulações joelho direito e tornozelo direito	Joelho Direito
14	Pé direito	Segmento entre as articulações tornozelo direito e dedos do pé direito	Tornozelo Direito
15	Perna Superior Esquerda	Segmento entre as articulações quadril esquerdo e joelhos esquerdo	Quadril Esquerdo
16	Perna Esquerda	Segmento entre as juntas joelho esquerdo e tornozelo esquerdo	Joelho Esquerdo
17	Pé esquerdo	Segmento entre as articulações tornozelo esquerdo e dedos do pé esquerdo	Tornozelo Esquerdo

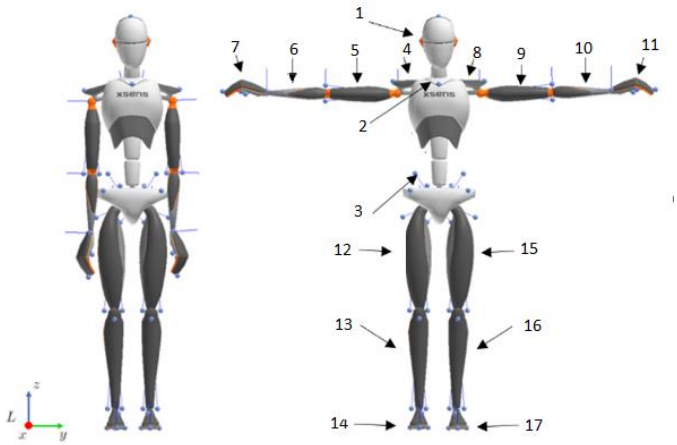


Figura 16. Indicações dos diferentes segmentos no avatar.

Antes da instalação dos sensores, é necessário realizar a medição dos segmentos corporais. Após a instalação, o equipamento deve ser devidamente calibrado. O protocolo experimental da Análise Cinemática do Movimento (Xsens) encontra-se descrito no Apêndice III deste documento.

Além dos 17 sensores, o equipamento dispõe de acessórios que auxiliam na fixação, incluindo: 1 t-shirt, 1 faixa para cabeça, 1 par de luvas e 9 faixas de fixação, conforme ilustrado na Figura 17.



Figura 17. Participante voluntário usando XSENS no laboratório.

Uma das limitações observadas na utilização dos sensores foi a dificuldade em manter a constância do sinal de captação, em razão da realização dos testes em ambiente aberto, o que demandou calibrações e ajustes frequentes. Após a captura dos dados, os registros realizados pelo software XSENS MVN 2023.2 foram exportados para planilha do Microsoft Office Excel, versão 2402, e posteriormente avaliados para possibilitar a análise da condição postural. A metodologia adotada para essa avaliação foi a REBA, descrita no capítulo anterior.

3.4.3 Estudo da Eletromiografia de Superfície (EMG)

Para a realização da eletromiografia de superfície (EMG), técnica que registra a ativação muscular por meio de sinais elétricos, foi utilizado o equipamento da marca portuguesa *Biosignals Plux* (Figura 18). O dispositivo possui 8 canais, permitindo a utilização simultânea de até 8 sensores. Trata-se de um equipamento portátil, com memória interna, que transmite os dados ao computador via *Bluetooth*, possibilitando seu uso durante a execução normal de tarefas manuais.

O equipamento utiliza sensores aos quais são fixados eletrodos de Ag/AgCl, autoadesivos, descartáveis, não invasivos e indolores, destinados à medição da EMG. Os eletrodos bipolares foram posicionados a uma distância de 20 mm entre si.

Antes da instalação, a pele dos participantes foi preparada mediante o corte da pilosidade, quando presente, com lâmina descartável, seguido de leve esfoliação com lixa fina e limpeza com algodão embebido em álcool etílico a 70%. Em participantes com pele atópica, a etapa de esfoliação foi omitida, a fim de evitar possíveis irritações cutâneas.

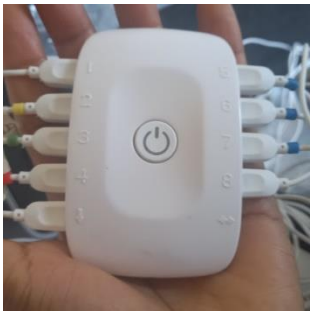
.

Figura 18. Eletromiógrafo Bioplux

Os músculos analisados incluíram o multífido direito e esquerdo e o trapézio superior direito e esquerdo (Da Silva et al., 2020), bem como os eretores da espinha direito e esquerdo — iliocostal e longuíssimo (Cardoso, 2019; Colim, 2017; Netto et al., 2022) —, representados nas Figuras 19, 20, 21 e 22.

A seleção dos músculos foi baseada na análise das posturas adotadas, observadas nos registros em vídeo, nas principais queixas relatadas pelos trabalhadores por meio do (NMQ) e na revisão bibliográfica (Tabela 8).

A instalação dos eletrodos seguiu as normas do SENIAM (*Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles*), sendo o eletrodo de referência posicionado sobre o osso da C7 (SENIAM, 2023). Além disso, foram observadas as diretrizes da Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesiologia para a captura do sinal EMG (Merletti, 2000), conforme ilustrado na Figura 23.

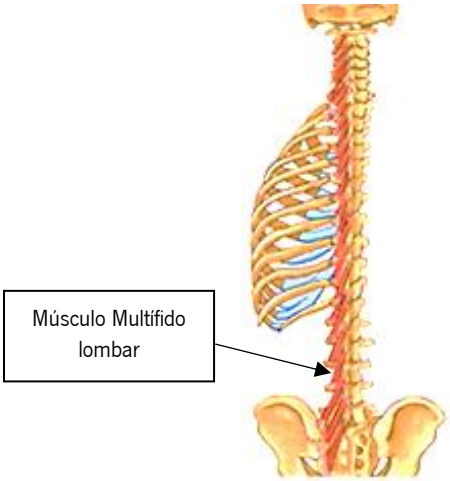


Figura 19. Representação do músculo multífido. Fonte: Goés (2023)

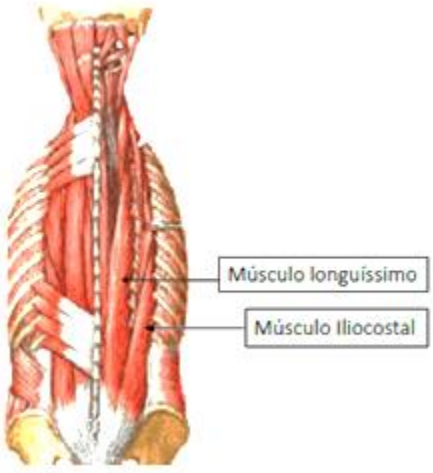


Figura 20.

Figura 20.Representação dos músculos iliocostal e longuíssimo.

Fonte: Adaptado de Netter (2011).

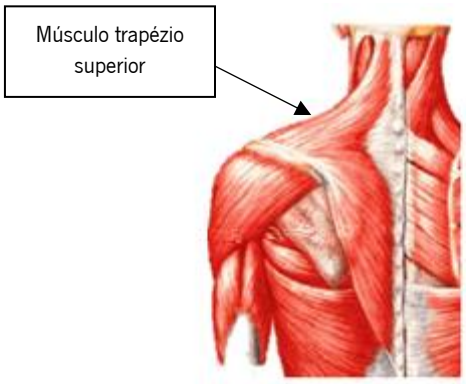
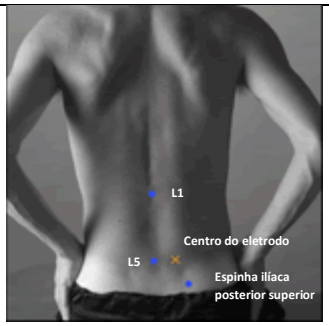


Figura 21. Músculo do Trapézio Superior.

Fonte: Adaptado de Netter (2011).

Músculo	Localização do eletrodo	Procedimento de colocação do sensor recomendado	Localização do centro do eletrodo	Orientação do eletrodo
Multífido esquerdo e direito		Sentado, com a coluna vertebral lombar levemente flexionada.	Os eletrodos precisam ser colocados e alinhados com uma linha da ponta caudal da espinha ilíaca posterior superior ao espaço entre L1 e L2 no nível do processo espinhoso L5 (ou seja, cerca de 2 a 3 cm da linha média).	Na direção da linha descrita acima.
Trapézio superior esquerdo e direito		Sentado ereto, com os braços pendurados verticalmente	Os eletrodos precisam ser colocados a 50% na linha do acrômio para a coluna na vértebra C7.	Na direção da linha entre o acrômio e a coluna vértebra C7

Músculo	Localização do eletrodo	Procedimento de colocação do sensor recomendado	Localização do centro do eletrodo	Orientação do eletrodo
Iliocostal		Sentado com a coluna vertebral lombar levemente flexionada	Os eletrodos precisam ser colocados 1 dedo de largura medial a partir da linha da espinha ilíaca posterior superior ao ponto mais baixo da costela inferior, ao nível de L2.	Na direção da linha entre a espinha ilíaca superior posterior e ponto mais baixo da costela inferior
Longuíssimo		Sentado com a coluna vertebral lombar e levemente flexionada	Os eletrodos precisam ser colocados na lateral de 2 dedos de largura do processo espinhoso L1.	Vertical

Tabela 8. Procedimento de realização de teste EMG. Fonte: SENIAM (2023)

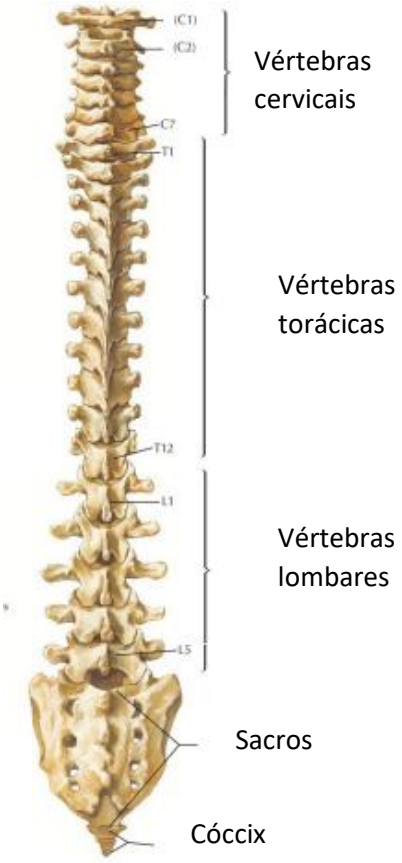


Figura 22. Representação da coluna vertebral posterior. Fonte: Adaptado de Netter (2011)

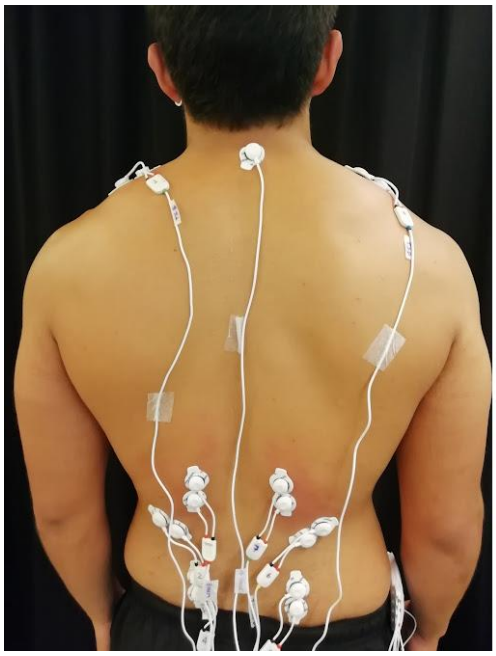


Figura 23. Voluntários com os eletrodos de EMG

Os dados foram registrados no software *OpenSignals* e posteriormente tratados no *Microsoft Office Excel,* versão 2402. Os sinais mioelétricos foram recolhidos com uma taxa de amostragem de 1000 Hz para cada canal. Em todos os canais calibrados, aplicou-se um filtro passa-banda com limites de 10 Hz (*high pass*) e 100 Hz (*low pass*).

Com o objetivo de normalizar os sinais eletromiográficos em amplitude, os valores absolutos foram transformados em valores relativos a um valor de referência, considerado como 100% (Colim, 2017). O valor de referência adotado foi a Máxima Contração Voluntária (MVC), definida como o maior valor registrado durante uma contração isométrica máxima do músculo selecionado.

Após a instalação dos eletrodos, foram realizadas as contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) dos músculos selecionados para a normalização dos dados de EMG. Foram executados três testes de 5 segundos, com intervalos de 1 minuto de descanso entre cada repetição.

- Para o trapézio superior, aplicou-se resistência no cotovelo, com o ombro posicionado a 90° de abdução, o pescoço inclinado lateralmente para o mesmo lado e girado para o lado oposto, enquanto a resistência era aplicada simultaneamente na cabeça (Ekstrom et al., 2005).
- Para os músculos eretores da espinha (iliocostal e longuíssimo), os participantes permaneceram de frente para a parede e realizaram extensão das costas e extensão das costas com inclinação lateral (direita e esquerda) (Cardoso, 2019).

- Para o multífido, os participantes foram posicionados em decúbito ventral, realizando hiperextensão gradual da parte superior do tronco e quadris (Ng & Richardson, 1994).

No presente estudo, adotou-se o método proposto por Bernard (2012), no qual a porcentagem da máxima contração voluntária (%MVC) é calculada como a razão percentual entre a força aplicada (força ou momento resultante em uma articulação) e a MVC para o mesmo grupo muscular, expressa em microvolts (μV). A equação correspondente é apresentada a seguir.

Equação 5 $$\%MVC = 100\% \; x \; \frac{força\ na\ tarefa\ (máxima)}{MVC\ do\ músculo}$$

Os dados referentes a cada teste de MVC foram organizados no *software Microsoft Office Excel*, versão 2402. Em seguida, foram segregados segundo as médias de MVC (De Luca, 1997) por tarefa, MVC por músculo e MVC por participante.

Para estimativa da porcentagem máxima de contração voluntária [%MVC], Bernard (2012), sugere que o nível de esforço pode ser avaliado subjetivamente por meio de uma escala semelhante à Escala de Borg, em que considera a pontuação de 0 a 10 para auxiliar no julgamento da condição de maior e menor esforço. Sendo %MVC foi determinado multiplicando-se o valor obtido na Escala de Borg por 10, conforme descrito na Tabela 9.

Tabela 9. Estimativa do % MVC com base na Escala de Borg. Fonte: Adaptado de Bernard (2012)

Pontuação	Intensidade de esforço	%MVC
0	Nenhum esforço, repouso	0
0,5	Extremamente leve	5
1	Muito leve	10
2	Moderadamente leve	20
3	Moderado	30
4		40
5	Forte	50
6		60
7	Muito forte	70
8		80
9	Extremamente forte	90
10		100

Desta forma, considerando a %MVC, foi estabelecida uma classificação de 1 a 5, subdividida em: leve, moderada, forte, muito forte e extremamente forte, conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10. Classificação do % MVC com base na Escala de Borg. Fonte: Adaptado de Bernard (2012)

Pontuação	Intensidade de esforço	%MVC	Classificação
0	Nenhum esforço, repouso	0	1
0,5	Extremamente leve	5	
1	Muito leve	10	
2	Moderadamente leve	20	
3	Moderado	30	2
4		40	
5	Forte	50	3
6		60	
7	Muito forte	70	4
8		80	
9	Extremamente forte	90	5
10		100	

De acordo com Bernard (2012), para fins de projeto, pode-se adotar como referência um trabalhador com menor força (considerado o mais fraco) ou utilizar aproximadamente 70% da média amostral.

Capítulo 4 – Resultados e discussão

O presente capítulo apresenta uma abordagem multidimensional para a análise das LMERT entre trabalhadores, integrando a caracterização do local do estudo, as características individuais e as variáveis biomecânicas.

A prevalência de LMERT é avaliada em conjunto com a percepção subjetiva de esforço, mensurada pela Escala de Borg, e com parâmetros objetivos, como a frequência cardíaca, oferecendo uma visão integrada da carga física e fisiológica.

Adicionalmente, a ACM e a EMG, realizadas em laboratório, fornecem dados sobre a avaliação postural e a ativação muscular, contribuindo para a compreensão dos mecanismos subjacentes ao esforço físico.

4.1 Caracterização do local do estudo

O estudo foi realizado em três municípios da região Norte de Portugal: Guimarães, Fafe e Felgueiras. O período de coleta de dados ocorreu entre 07 e 14 de abril de 2022 em Guimarães, de 20 de outubro de 2022 a 01 de março de 2023 em Fafe, e de 04 a 31 de maio de 2023 em Felgueiras. É importante ressaltar que os dados apresentados correspondem à realidade específica dos municípios no período em que o estudo foi conduzido.

4.1.1 Guimarães

O Município de Guimarães possui cinco circuitos de coleta, sendo um deles destinado a áreas de difícil acesso. Cada circuito é subdividido em três categorias: A, B e C. O circuito A ocorre às segundas, quartas e sextas-feiras; o circuito B ocorre às terças, quintas e sábados; e o circuito C é ativado apenas em situações de necessidade.

O circuito de difícil acesso é atendido por uma viatura de pequeno porte, considerada suplente, destinada a locais com restrições de acessibilidade. As visitas foram realizadas nas freguesias destacadas na Tabela 11. No dia 14 de abril de 2022, a atividade ocorreu no Circuito 4-B, em caráter excepcional, numa segunda-feira. A coleta de resíduos indiferenciados é realizada nos turnos da manhã e da noite. Já no turno da tarde, ocorre a coleta de resíduos volumosos.

Anteriormente, os caminhões estavam equipados com GPS, e todo o sistema de coleta era monitorado por meio de uma plataforma de gestão. Atualmente, esse recurso não é mais utilizado. As ruas são incluídas no percurso mediante solicitação do presidente da junta de freguesia, em acordo com a gestão municipal de coleta, que inspeciona o local antes da inserção no circuito. A divulgação das alterações e a inclusão de novas instalações são feitas presencialmente pelo encarregado da equipe de coleta, por meio da colocação de avisos nas caixas de correio das habitações.

Tabela 11.Coleta de dados no Município de Guimarães

Data	Dia da semana	Turno	Horário	Circuitos	Freguesias
13/04/2022	quarta-feira	Manhã	06:00 – 12:00	Circuito 1	A- Aldão, Atães e Mesão Frio
					B – Gonça, Redunfe e S. Torcato
07/04/2022	Quinta-feira	Manhã	06:00 – 12:00	Circuito 2	A- Lordelo
					B – Moreira de Cónegos
12/04/2022	Terça-feira	Manhã	06:00 – 12:00	Circuito 3	A- Figueiredo, Oleiros, Airão e Vermil
					B- Ronfe
11/04/2022	Segunda -feira	Manhã	06:00 – 12:00	Circuito 4	A- Sande S. Clemente e Sande Vila Nova
					B – Brito
14/04/2022	Quinta-feira	Manhã	06:00 – 12:00	Circuito 6	A- Costa, Infantas, Serzedo e EN 101 Felgueiras
					B- Tabuadelo, S. Fautino, Gêmeos e Calvos
08/04/2022	Sexta-feira	Manhã	06:00 – 12:00	Extra (suplente)	C1- Atães e C4- Sande S. Clemente e Sande Vila Nova

A – Segundas, quartas e sextas
B- Terças, quintas e sábados
C- A qualquer dia

As equipes de coleta são compostas por três trabalhadores: dois cantoneiros e um motorista, distribuídos entre os turnos da manhã, tarde e noite. Cada turno de trabalho tem duração de 5h45, com um intervalo de 15 minutos para descanso, totalizando 6 horas de jornada diária. O município dispõe de 35 cantoneiros de coleta, dos quais 88,6% participaram do presente estudo. Os tipos de viaturas utilizadas incluem: caminhão com carregador traseiro, com capacidade de 15 m^3; caminhão tipo caçamba de pequeno porte, com capacidade de 7 m^3. Nem todas as freguesias dispõem de contentores. O controle

de coleta dos contentores é realizado pelo motorista e, nos dias de visita, foram encontrados 73 contentores de 4 rodas, com capacidade de 1000 L, distribuídos pela cidade. A maioria desses equipamentos pertence ao município. Todas as viaturas são equipadas com sistema de elevação para contentores de 4 e 2 rodas (Sistema *Deutsches Institut für Normung* – DIN) e seguem a Norma Europeia EN 1501, que trata dos requisitos gerais e de segurança para veículos de coleta de resíduos. Eventualmente, também foram observados contentores de 2 rodas espalhados pelo município, pertencentes a habitações. Outro recipiente comum encontrado foi o bidão (Figura 24), um recipiente improvisado de propriedade das habitações. Por apresentar formato ovalado e ausência de pegas, esse tipo de recipiente dificulta a retirada dos resíduos e exige esforço adicional dos trabalhadores durante o procedimento de descarga.



Figura 24. Coleta com uso do Bidão

O município dispõe de diversos equipamentos de coleta destinados aos mais variados tipos de resíduos. A coleta indiferenciada e seletiva (papel/cartão, plástico, metal e vidro) é realizada por meio de moloks enterrados e semienterrados, localizados no centro histórico da cidade. A coleta seletiva também é realizada através de ecopontos (Figura 25). Já a coleta indiferenciada porta-a-porta ocorre por meio de sacos, baldes e contentores de 2 e 4 rodas, instalados na periferia da cidade e na área rural.



Figura 25. Ecoponto, molok semienterrado e ecoponto enterrado. Fonte: Guimarães (2004)

Este estudo concentrou-se na coleta indiferenciada porta-a-porta, realizada com sacos e contentores, tanto na região periférica quanto em áreas rurais, por demandar maior participação e número de trabalhadores para a execução da tarefa. As informações relativas aos equipamentos disponíveis no município, bem como às rotas e composição das equipes, estão apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12.Dados dos equipamentos e equipes de Guimarães

Rota	Pesagem (kg)	Tipo de Viatura	Capacidade (m3)	Quant. De Contentores de 4 rodas	Quant. De trabalhadores
Circuito 1	3780	Carregador traseiro com compactação	15	-	1 Motorista 2 Cantoneiros
Circuito 2	7220	Carregador traseiro com compactação	15	16	1 Motorista 2 Cantoneiros
Circuito 3	6860	Carregador traseiro com compactação	15	12	1 Motorista 2 Cantoneiros
Circuito 4	7340	Carregador traseiro com compactação	15	6	1 Motorista 2 Cantoneiros
Circuito 6	7160	Carregador traseiro com compactação	15	39	1 Motorista 2 Cantoneiros
Extra (suplente)	-	Caminhão de pequeno porte	7	-	1 Motorista 2 Cantoneiros

As instalações dos equipamentos para coleta de resíduos indiferenciados variam conforme a freguesia. Em algumas localidades, os resíduos são dispostos em caixas com grade (semelhantes a gaiolas de ferro) fixadas sobre bases de concreto, em substituição aos contentores de quatro rodas (Figura 26).

Esse tipo de estrutura exige que o trabalhador se incline para acessar totalmente o material no fundo da caixa, aumentando a demanda física durante a coleta.



Figura 26. Grade para armazenamento de resíduo

Ao longo do percurso, também são disponibilizados suportes, tanto elaborados quanto improvisados, para a colocação dos sacos de lixo, com altura aproximada de 2 metros. Esses suportes têm como finalidade evitar que cães e gatos rasguem os sacos e espalhem os resíduos pelas ruas (Figura 27).



Figura 27. Suporte improvisado para colocação de sacos.

No município de Guimarães existem dois ecocentros, a saber: Ecocentro Guimarães Aldão e Ecocentro Guimarães Ponte.

4.1.2 Fafe

No município de Fafe, foram realizadas visitas em sete circuitos distintos. A coleta, organizada em três turnos, é predominantemente porta-a-porta, utilizando sacos e baldes em todo o território municipal. O município não dispõe de contentores para uso geral. Contudo, em locais específicos, como escolas, estabelecimentos comerciais e cemitérios, são utilizados contentores de 4 rodas. Durante o período de visita, foram recolhidos 17 contentores de 4 rodas. Ao longo dos circuitos foram encontrados suportes para colocação de sacos semelhantes aos observados em Guimarães. As informações detalhadas sobre os dias de visita, circuitos e freguesias atendidas estão apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13.Coleta de dados no Município de Fafe

Data	Dia da semana	Turno	Horário	Circuito	Freguesias
20/10/2022	Quinta-feira	Tarde	13:30 – 19:30	A5.1	Regadas, Arnozela, Ardegão e Seidões
09/11/2022	Quarta-feira	Manhã	06:00 – 12:40	A6.1	Monte, Queimadela, Revelhe e Vinhós
22/11/2022	Terça-feira	Noite	19:30 – 02:10	A2	Cidade Fafe
29/11/2022	Terça-feira	Noite	19:30 – 02:10	A1	Cidade Fafe
02/12/2022	Sexta-feira	Manhã	06:00 – 12:40	A6.2	Travassos, Passos S. Vicente e Golães
06/12/2022	Terça-feira	Manhã	06:00 – 12:40	A4.2	Arões S. Cristina
01/03/2023	Quarta-feira	Manhã	06:00 – 12:41	A3.1	S. Gens e Quinchães

O município dispõe de 12 cantoneiros, organizados em seis equipes operacionais, cada uma composta por um motorista e dois cantoneiros, responsáveis pela execução das atividades de coleta. Participaram deste estudo 91,6% dos trabalhadores. O serviço de coleta utiliza dois tipos de viaturas: caminhão com carregador traseiro, com capacidade variada de 12,16 e 21 m^3; e caminhão de pequeno porte, destinado ao acesso em áreas restritas com capacidade de 7m^3. As informações detalhadas estão apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14.Dados dos equipamentos e equipes de Fafe

Rota	Pesagem (kg)	Tipo de Viatura	Capacidade (m3)	Quant. De Contentores de 4 rodas	Quant. De trab.
Rota A5.1	3680	Carregador traseiro com compactação	12	-	1 Motorista 2 Cantoneiros
Rota A6.1	4780	caminhão de pequeno porte	7	2	1 Motorista 2 Cantoneiros
Rota A2	5800	Carregador traseiro com compactação	21	-	1 Motorista 2 Cantoneiros
Rota A1	7100	Carregador traseiro com compactação	12	-	1 Motorista 2 Cantoneiros
Rota A6.2	5160	Carregador traseiro com compactação	12	5	1 Motorista 2 Cantoneiros
Rota A4.2	7020	Carregador traseiro com compactação	16	12	1 Motorista 2 Cantoneiros
Rota A3.1	5260	Carregador traseiro com compactação	12	-	1 Motorista 2 Cantoneiros

4.1.3 Felgueiras

A coleta no município de Felgueiras é realizada nos turnos da manhã e da noite, abrangendo um total de seis circuitos distintos que atendem toda a cidade. Um desses circuitos é destinado a áreas de difícil acesso, utilizando uma viatura de pequeno porte com capacidade de 7 m^3. As equipes de trabalho são compostas por um motorista e um ou dois cantoneiros, sendo que, em algumas ocasiões, o próprio motorista também realiza a coleta manual dos resíduos. O município dispõe de 12 cantoneiros de coleta, e 100% participaram do presente estudo. As informações referentes às visitas realizadas em Felgueiras, incluindo dia, turno, horário, circuito e freguesias, estão apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15.Coleta de dados no Município de Felgueiras

Data	Dia da semana	Turno	Horário	Circuito	Freguesias
04/05/2023	Quinta-feira	Manhã	06:00 - 12:40	FGL1	Pombeiro de Ribavizela, São Jorge de Vizela, Vila Fria, Regilde Penacova, Revinhade e Idães
09/05/2023	Terça-feira	Manhã	06:00 - 12:40	AR-FLG	Airães, Pedreira, Vila Verde, Unhão, Sernande, Vila Fria, Pombeiro de Ribavizela, Friande, Pinheiro, Rande, Santão, Borba de Godim, Macieira da Lixa, Refontoura, Várzea, Margaride (Sta. Eulália), Jugueiros, Varziela, Penacova
11/05/2023	Quinta-feira	Manhã	06:00 - 12:40	FGL3	Lagares, Varziela, Sernande, Várzea, Moure, Margaride (Sta. Eulália), Lagares, Pombeiro de Ribavizela
18/05/2023	Quinta-feira	Manhã	06:00 - 12:40	FGL2	Pedreira, Airães, Idães, Aião, Vila Verde, Santão, Lordelo, Unhão
24/05/2023	Quarta-feira	Noite	19:30 - 02:10	FGL4	Margaride (Sta. Eulália), Várzea, Friande e Varziela
31/05/2023	Quarta-feira	Noite	19:30 - 02:10	FGL5	Santão, Vila Cova da Lixa, Borba de Godim, Vila Cova da Lixa, Caramos, Moure e Várzea

O método de coleta que predomina no munícipio é a coleta com uso de contentores de quatro rodas. Ao todo, são 1 142 contentores distribuídos pela cidade, com diferentes volumes, conforme apresentado na Tabela 16. Os contentores são identificados por uma numeração e são monitorados pela gestão através de um software institucional, que fornece a localização geográfica exata de cada unidade. Há ainda uma equipe exclusiva destinada à higienização, limpeza e manutenção dos contentores, quando necessário. Os motoristas sinalizam a necessidade de manutenção através do software. Os trabalhadores realizam a coleta porta-a-porta por meio de sacos esporadicamente. Sendo esta prática considerada rara no município.

Tabela 16.Quantidade de Contentores de Felgueiras

Contentores	Volume (L)	Material	Sistema de Coleta
1 119	800	Plástico	Traseira
11	1 100	Plástico	Traseira
1	3 000	Plástico	Traseira
11	5 000	Metal	Superior

A cidade de Felgueiras dispõe de três tipos de viaturas, caminhão com carregador traseiro, caminhão pequeno para área com difícil acesso e caminhão com grua, destinado à coleta mecanizada de equipamentos semienterrados (Figura 28 e Figura 29). Este estudo concentrou-se a investigar a coleta manual através de contentores de 4 rodas, visto que é o tipo de coleta predominante no município. As informações referentes aos equipamentos e equipes de Felgueiras estão apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17. Dados dos equipamentos e equipe de Felgueiras

Rota	Pesagem (kg)	Tipo de Viatura	Capacidade (m3)	Quant. De Contentores de 4 rodas	Quant. De trab.
FGL1	9 560	Carregador traseiro com compactação	19	220	1 Motorista 1 Cantoneiro
AR-FLG	3 900	caminhão de pequeno porte	7	61	1 Motorista 1 Cantoneiro
FGL3	10 920	Carregador traseiro com compactação	19	229	1 Motorista 1 Cantoneiro
FGL2	13 220	Carregador traseiro com compactação	19	234	1 Motorista 1 Cantoneiro
FGL4	12 240	Grua	21	198	1 Motorista 2 Cantoneiros
FGL5	9 860	Grua	19/21	200	1 Motorista 2 Cantoneiros

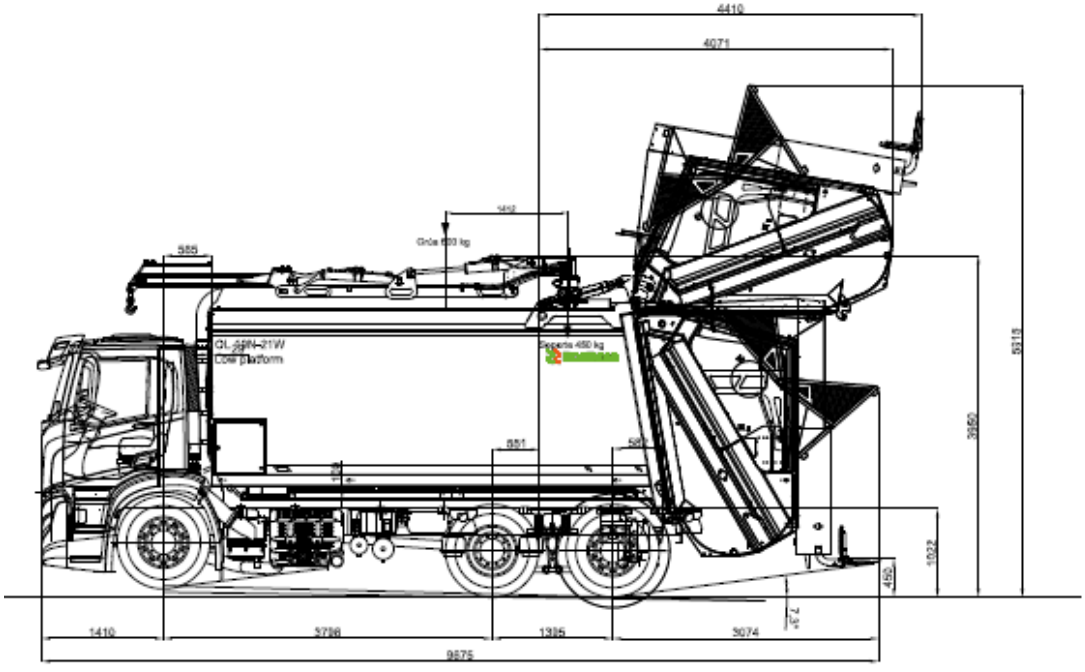


Figura 28.Caminhão com grua utilizado na coleta de contentor semienterrado



Figura 29. Coleta com caminhão com grua.

Na Figura 30 são apresentadas as imagens ilustrativas das principais tarefas desempenhadas pelos cantoneiros, bem como as condições dos equipamentos e suas instalações. Também foram observadas situações de risco de queda quando coleta de sacos de lixo em movimento e subida do estribo com o veículo em deslocamento. Tais práticas que devem ser evitadas. As tarefas representadas nas Figuras 30.1, 30.2, 30.3, 30.5, 30.8, 30.9, 30.10, 30.15 e 30.18 foram selecionadas para a avaliação do esforço subjetivo pela Escala de Borg e para a simulação em laboratório, realizada na segunda fase deste estudo.

As tarefas ilustradas nas Figuras 30.3 e 30.4 envolvem o levantamento manual de cargas, em que o trabalhador deve erguer os resíduos e lançá-los na caçamba do caminhão. Esse tipo de viatura é destinado a áreas de difícil acesso, possuindo pequeno porte e capacidade de 7 m^3. Para comportar um maior volume de resíduos, a altura da caçamba é mais elevada, exigindo maior esforço físico do trabalhador. Ainda assim, essas viaturas são equipadas com sistema de elevação para contentores de 2 e 4 rodas.

Nas segundas-feiras, observa-se um aumento do volume de resíduos em função da produção acumulada durante o fim de semana. Como consequência, os contentores ficam mais cheios e pesados, sendo necessário o trabalho de, pelo menos, duas pessoas para movimentá-los. As Figuras 30.5 e 30.6 mostram o esforço físico exercido pelos trabalhadores nessa situação: os joelhos são flexionados, o tronco é estendido para trás e os braços ficam abertos em aproximadamente 90°, a fim de deslocar o contentor. A tarefa torna-se ainda mais complexa quando as condições do terreno são inadequadas (Figuras 30.11 e 30.12) ou quando os contentores estão instalados em passeios com desnível (Figura 30.15). Muitas vezes, para devolver o equipamento ao local, é necessário erguê-lo manualmente, como representado na Figura 30.16.

Normalmente, as viaturas de coleta são equipadas com os dispositivos de segurança e sistemas de elevação compatíveis com diferentes tipos de contentores. No entanto, em diversas situações, o dispositivo de içamento não é utilizado, sobretudo durante a coleta com contentores de duas rodas. Visando à eficiência do ciclo operacional de coleta, parte dos trabalhadores opta por executar o levantamento manual dos contentores, em substituição ao uso do sistema hidráulico de elevação traseira do veículo, o que implica aumento da exigência biomecânica e do risco ergonômico associado, conforme ilustrado nas Figuras 30.19 e 30.20.

	
30.1 Pegar o saco	30.2 Transportar o saco
	
30.3 Levantar e lançar o saco	30.4 Altura do caminhão elevada e resíduos no chão

	
30.5 Puxar contentor cheio	30.6 Puxar contentor cheio
	
30.7 Empurrar contentor cheio	30.8 Empurrar contentor vazio
	
30.9 Abrir Contentor	30.10 Fechar Contentor

	
30.11 Condições do terreno	30.12 Condições do terreno
	
30.13 Subir de descer do estribo	30.14 Extensão do braço para acionamento dos comandos do caminhão
	
30.15 Remover contentor cheio sobre o passeio com desnível	30.16 Suspensão do contentor vazio para subir no passeio com desnível

	
30.17 Pegar sacos com caminhão em movimento	30.18 Saltar para o estribo quando o caminhão estiver em movimento
	
30.19 Posicionar contentor de 2 rodas cheio no caminhão	30.20 Empurrar contentor de 2 rodas cheio
	
30.21 Levantamento de contentor de 2 rodas cheio	30.22 Devolução do contentor de 2 rodas ao lugar vazio

Figura 30. Tarefas realizadas durante a coleta de resíduos

4.2 Características dos sujeitos

Os cantoneiros de resíduos urbanos que participaram do estudo foram recrutados pelo Departamento de Serviços Urbanos e Ambiente de três municípios do norte de Portugal. Todos os participantes atuavam na coleta de resíduos urbanos no regime porta-a-porta. O estudo contou com a participação voluntária de 54 cantoneiros, representando 91,5% do total de profissionais vinculados aos três municípios, sendo todos do gênero masculino. Todos os trabalhadores tinham idade superior a 18 anos, e escolaridade entre o ensino básico e o ensino secundário.

A coleta de resíduos nos municípios é subdividida de acordo com o tipo de material recolhido, abrangendo três categorias principais: resíduos indiferenciados, correspondentes aos resíduos domésticos; resíduos volumosos, compostos por materiais de grande dimensão, como móveis, sofás e mesas; e resíduos seletivos, que incluem plásticos, vidro e papel/cartão.

O estudo centrou-se nas equipes que desempenhavam a coleta porta-a-porta dos resíduos indiferenciados, através de sacos, baldes de diferentes modelos, contentores de 80 a 120 L compostos por duas rodas e contentores de 800 a 1 200 L compostos por quatro rodas.

As características sociodemográficas dos participantes estão apresentadas nas Tabelas 18 e 19. Essas informações incluem faixa etária, tempo de serviço, índice de massa corporal (IMC), mão dominante, nível de escolaridade, além dos hábitos de fumar, consumir bebida alcoólica e praticar atividade física.

Em média, os participantes tinham 45,4 ± 11,0 anos de idade, peso de 83 ± 13,3 kg, altura de 1,70 ± 0,1 metro, IMC de 27,8 ± 3,7 e tempo de serviço de 12 ± 10 anos, conforme apresentado na Tabela 18. A mão direita é dominante em 85,2% dos trabalhadores e 15% têm ensino médio.

Tabela 18. Características sociodemográficas dos participantes Média e Desvio Padrão

	Média	DP
Idade (anos)	45,4	11,0
Peso (kg)	83,0	13,3
Altura (m)	1,7	0,1
IMC	27,8	3,7
Tempo de Serviço (anos)	12,3	10,0

Tabela 19. Características sociodemográficas dos sujeitos do estudo (n=54).

	N	%
Faixa etária (anos)		
25-35	11	20,3
36-45	13	24,1
>45	30	55,6
Índice de Massa Corporal		
Abaixo do peso < 18.5	0	0
Normal 18.5 – 24.9	12	22,2
Sobrepeso 25 – 30	28	51,8
Obeso >30	14	26
Tempo de serviço (anos)		
<5	11	20,3
5-14	24	44,5
15-29	15	27,8
>30	4	7,4
Mão dominante		
Esquerda	4	7
Direita	46	85
Ambas	4	7
Educação		
Básico	46	85
Secundário	8	15

No que tange às informações relativas à saúde, apenas 9 (17%) trabalhadores realizam atividades físicas fora do ambiente de trabalho regularmente, e desses 9, 55% realizam de 1 a 2 vezes na semana e 45% realizam de 3 a 4 vezes por semana. Quanto aos hábitos não saudáveis, 19 (35%) trabalhadores possuem o hábito de fumar e 39 (72%) consomem bebida alcoólica. Dos 54 trabalhadores inqueridos, 33 (61%) informaram que já sofreram algum acidente do trabalho. Quanto ao histórico de problemas de saúde 9 (37%) trabalhadores relataram problemas, destes, 3 (15%) tiveram que se ausentar devido a este problema, 2 reportaram que o problema de saúde tem relação com a atividade desempenhada no trabalho. Um indivíduo se afastou durante 30 dias, o outro por 90 dias. Problemas musculoesqueléticos correspondem às causas desses afastamentos. Ao todo, 7 trabalhadores reportaram problemas musculoesqueléticos, 1 Respiratório, 9 Cardíaco, 3 Diabete, 6 sinalizaram "Outros" que não estavam descritos no questionário. A Tabela 20 apresenta o registro de baixas causadas por LMERT fornecido pelos 3 municípios investigados. O único registro identificado foi no município de Felgueiras, em que o trabalhador ao realizar a coleta de resíduos no contentor de 800 L (4 rodas), sentiu uma dor no lado esquerdo das costas.

Tabela 20.Registro de baixas por LMERT

	Nº de baixas por LMERT	Descrição do evento	Período
Guimarães	Nenhum	-	01/01/2021 a 30/04/2022
Fafe	Nenhum	-	01/01/2022 a 01/03/2022
Felgueiras	1	O colaborador ao recolher o contentor de RSU 800 L, sentiu uma dor nas costas do lado esquerdo, o que impossibilitou de continuar com a sua jornada.	23/11/2022 a 28/04/2023

4.3. Prevalência de sintomatologia de LMERT

A prevalência de LMERT foi investigada aplicando-se o Nordic Musculoskeletal Questionnaire (Kuorinka et al., 1987 adaptado por Iida, 2018). Por meio do questionário foi possível identificar a prevalência de dor e desconforto nos últimos 12 meses e nos últimos 7 dias em 9 regiões corporais – pescoço, ombros, região dorsal (parte superior das costas), cotovelos, região lombar (parte inferior das costas), punhos/mãos, quadris/coxas, joelhos, tornozelos/pés e adicionalmente a região das pernas – considerando o contexto ocupacional - totalizando 10 regiões corporais. Além disso, foi identificado se os trabalhadores apresentaram limitações no desempenho das atividades habituais ou necessitaram de atendimento médico em decorrência dos sintomas relatados nos últimos 12 meses. Dos 54 trabalhadores investigados, 46 (85,2%) apresentaram sintomas de dor e desconforto nos últimos 12 meses. A Figura 31 mostra a prevalência de sintomatologia de LMERT por região do corpo nos últimos 12 meses e nos últimos 7 dias. As regiões com maior prevalência de sintomatologia de LMERT, nos últimos 12 meses, foram relacionadas à região lombar (65%), ombros (63%), joelhos (50%), punhos e mãos (33%) e tornozelos e pés (24%). Nos últimos 7 dias, destaca-se a região dos ombros, que representa (50%) das queixas apresentadas pelos trabalhadores seguida pela região lombar (31%), joelhos (31%), punhos e mãos (23%) e tornozelos e pés (23%).

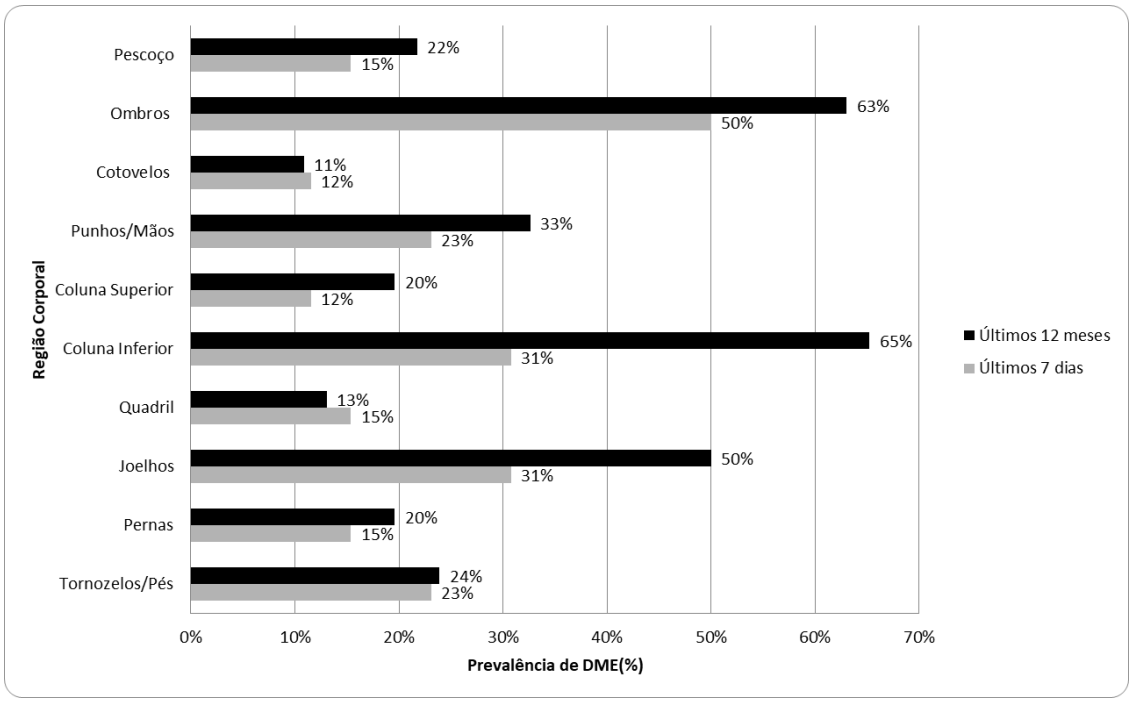


Figura 31. Prevalência de sintomatologia de LMERT nos últimos 12 meses e nos últimos 7 dias

Dos trabalhadores que apresentaram sintomas de dor e desconforto nos últimos 12 meses, 48,2% relataram ter consultado um profissional de saúde. A região lombar (50%) foi a principal causa de consultas a um profissional de saúde, seguida pelos ombros (35%).

Nas Tabelas 21, 22, 23 e 24 foram realizadas análises estatísticas usando o teste exato de Fisher para identificar se há uma associação entre as variáveis categóricas: faixa etária, IMC e tempo de experiência, hábito de fumar, consumir bebida alcoólica e realizar atividade física com frequência, com as quatro condições apresentadas no NMQ: 1. ocorrência de LMERT nos últimos 12 meses; 2. ocorrência de LMERT nos últimos 12 meses que impediram de realizar atividades normais; 3. ocorrência de LMERT nos últimos 12 meses que os levaram a consultar um profissional de saúde e; 4. ocorrência de LMERT nos últimos 7 dias.

Considerando um nível de confiança de 95%, verificou-se que não houve associação estatisticamente significativa entre as variáveis apresentadas na Tabela 21, pois nenhum valor de p foi inferior a 0,05.

Tabela 21. Associação entre as variáveis categóricas com a ocorrência de sintomatologia de LMERT nos últimos 12 meses.

	N	n (%)	Presente	n (%)	Não presente	n (%)	*p*-valor
Grupo de idade	54	100,00	46	100,00	8	100,00	1,00
≤ 40	19	35,19	16	34,78	3	37,50	
>40	35	64,81	30	65,22	5	62,50	
IMC	54	100,00	46	100,00	8	100,00	1,00
Não obeso	12	22,22	10	21,74	2	25,00	
Obeso	42	77,78	36	78,26	6	75,00	
Tempo de serviço	54	100,00	46	100,00	8	100,00	1,00
≤ 15	37	68,52	31	67,39	6	75,00	
> 15	17	31,48	15	32,61	2	25,00	
Fuma	54	100,00	46	100,00	8	100,00	1,00
Não	35	64,81	30	65,22	5	62,50	
Sim	19	35,19	16	34,78	3	37,50	
Consome bebida alcoólica	54	100,00	46	100,00	8	100,00	0,67
Não	15	27,78	12	26,09	3	37,50	
Sim	39	72,22	34	73,91	5	62,50	
Atividade física regular	54	100,00	46	100,00	8	100,00	0,12
Não	45	83,33	40	86,96	5	62,50	
Sim	9	16,67	6	13,04	3	37,50	

Na Tabela 22, foi realizada a análise da associação entre as variáveis e o impedimento de trabalhar por sintomatologia de LMERT nos últimos 12 meses, condição que impossibilitou o trabalhador de desempenhar atividades normais, domésticas, de esporte e lazer, verificou-se que não houve associação estatisticamente significativa entre as variáveis, pois nenhum valor de *p* foi inferior a 0,05. Considerando um nível de confiança de 95%.

Tabela 22. Associação entre as variáveis categóricas com a ocorrência de impedimento de realizar atividade normal nos últimos 12 meses.

	N	n (%)	Presente	n (%)	Não presente	n (%)	*p*-valor
Grupo de idade	54	100,00	15	100,00	39	100,00	0,12
≤ 40	19	35,19	8	53,33	11	28,21	
>40	35	64,81	7	46,67	28	71,79	
IMC	54	100,00	15	100,00	39	100,00	1,00
Não obeso	12	22,22	3	20,00	9	23,08	
Obeso	42	77,78	12	80,00	30	76,92	
Tempo de serviço	54	100,00	15	100,00	39	100,00	0,11
≤ 15	37	68,52	13	86,67	24	61,54	
> 15	17	31,48	2	13,33	15	38,46	
Fuma	54	100,00	15	100,00	39	100,00	0,75
Não	35	64,81	9	60,00	26	66,67	
Sim	19	35,19	6	40,00	13	33,33	
Consome bebida alcoólica	54	100,00	15	100,00	39	100,00	1,00
Não	15	27,78	4	26,67	11	28,21	
Sim	39	72,22	11	73,33	28	71,79	
Atividade física regular	54	100,00	15	100,00	39	100,00	0,70
Não	45	83,33	12	80,00	33	84,62	
Sim	9	16,67	3	20,00	6	15,38	

Na Tabela 23, a análise estatística foi realizada por meio do teste exato de Fisher, com o objetivo de identificar a correlação entre as variáveis categóricas e a presença de sintomatologia de LMERT nos últimos 12 meses, a qual levou os trabalhadores a buscar atendimento junto a profissionais de saúde, tais como médicos, enfermeiros ou fisioterapeutas. Considerando um nível de confiança de 95%, verificou-se que não houve associação estatisticamente significativa entre as variáveis apresentadas, pois nenhum valor de *p* foi inferior a 0,05.

Tabela 23. Associação entre as variáveis categóricas com a ocorrência de consulta profissional nos últimos 12 meses.

	N	n (%)	Presente	n (%)	Não presente	n (%)	*p*-valor
Grupo de idade	54	100,00	26	100,00	28	100,00	0,16
≤ 40	19	35,19	12	46,15	7	25,00	
>40	35	64,81	14	53,85	21	75,00	
IMC	54	100,00	26	100,00	28	100,00	0,20
Não obeso	12	22,22	8	30,77	4	14,29	
Obeso	42	77,78	18	69,23	24	85,71	
Tempo de serviço	54	100,00	26	100,00	28	100,00	1,00
≤ 15	37	68,52	18	69,23	19	67,86	
> 15	17	31,48	8	30,77	9	32,14	
Fuma	54	100,00	26	100,00	28	100,00	0,39
Não	35	64,81	15	57,69	20	71,43	
Sim	19	35,19	11	42,31	8	28,57	
Consome bebida alcoólica	54	100,00	26	100,00	28	100,00	0,37
Não	15	27,78	9	34,62	6	21,43	
Sim	39	72,22	17	65,38	22	78,57	
Atividade física regular	54	100,00	26	100,00	28	100,00	0,72
Não	45	83,33	21	80,77	24	85,71	
Sim	9	16,67	5	19,23	4	14,29	

Conforme apresentado na Tabela 24, não foi observada associação estatisticamente significativa entre as variáveis (p > 0,05). No entanto, o consumo de bebida alcoólica apresentou um valor de $p = 0,07$ entre os trabalhadores com sintomas de LMERT nos últimos sete dias, considerando um nível de confiança de 95%.

Tabela 24. Associação entre as variáveis categóricas com a ocorrência de sintomatologia de LMERT nos últimos 7 dias.

	N	n (%)	Presente	n (%)	Não presente	n (%)	*p*-valor
Grupo de idade	54	100,00	26	100,00	28	100,00	1,00
≤ 40	19	35,19	9	34,62	10	35,71	
>40	35	64,81	17	65,38	18	64,29	
IMC	54	100,00	26	100,00	28	100,00	0,52
Não obeso	12	22,22	7	26,92	5	17,86	
Obeso	42	77,78	19	73,08	23	82,14	
Tempo de serviço	54	100,00	26	100,00	28	100,00	0,77
≤ 15	37	68,52	17	65,38	20	71,43	
> 15	17	31,48	9	34,62	8	28,57	
Fuma	54	100,00	26	100,00	28	100,00	1,00
Não	35	64,81	17	65,38	18	64,29	
Sim	19	35,19	9	34,62	10	35,71	
Consome bebida alcoólica	54	100,00	26	100,00	28	100,00	0,07
Não	15	27,78	4	15,38	11	39,29	
Sim	39	72,22	22	84,62	17	60,71	
Atividade física regular	54	100,00	26	100,00	28	100,00	1,00
Não	45	83,33	22	84,62	23	82,14	
Sim	9	16,67	4	15,38	5	17,86	

A Tabela 25, apresenta a prevalência de LMERT por município investigado. Verifica-se que no município de Fafe, em que a coleta de resíduos é predominantemente manual, há uma maior ocorrência de LMERT na parte inferior das costas, região lombar. No entanto, no Município de Felgueiras em que a coleta é realizada predominantemente por meio de coletores de 1200 L composto por 4 rodas, a prevalência de sintomatologia de LMERT na parte inferior das costas é menor em relação aos demais municípios, sendo 41,67%.

Tabela 25. Prevalência de LMERT por município investigado

Indicadores	Município CMG (n = 31)		Município CMF (n = 11)		Município CMFLG (n = 12)	
	N	Prevalência (%)	N	Prevalência (%)	N	Prevalência (%)
Pescoço	4	12,90	4	36,36	2	16,67
Ombros esquerdo	3	9,68	0	0,00	3	25,00
Ombros direito	7	22,58	1	9,09	1	8,33
Ombros ambos	6	19,35	5	45,45	3	25,00
Cotovelos esquerdo	1	3,23	0	0,00	1	8,33
Cotovelos direito	2	6,45	0	0,00	1	8,33
Cotovelos ambos	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Punhos/Mãos esquerda	5	16,13	1	9,09	1	8,33
Punhos/Mãos direita	2	6,45	0	0,00	0	0,00
Punhos/Mãos ambos	3	9,68	2	18,18	1	8,33
Parte superior das costas	5	16,13	3	27,27	1	8,33
Parte inferior das costas	17	54,84	8	72,73	5	41,67
Quadris	4	12,90	1	9,09	1	8,33
Joelhos esquerdo	4	12,90	0	0,00	2	16,67
Joelhos direito	4	12,90	0	0,00	4	33,33
Joelhos ambos	5	16,13	4	36,36	0	0,00
Pernas esquerda	2	6,45	0	0,00	0	0,00
Pernas direita	1	3,23	1	9,09	0	0,00
Pernas ambos	1	3,23	3	27,27	1	8,33
Tornozelos/Pés	7	22,58	3	27,27	1	8,33

As Tabelas 26, 27 e 28 mostram a tendência de ocorrência de sintomatologia de LMERT nos últimos 12 meses em coletores de resíduos sólidos urbanos associados à faixa etária, ao IMC e ao tempo de trabalho, respectivamente.

Na Tabela 26, observa-se que os trabalhadores com menos de 40 anos (n=19) tiveram um número maior de queixas em comparação com os trabalhadores com mais de 40 anos (n=35). Em particular, a região

lombar responde por um total de 63,16% das queixas, seguida pelos ombros (31,58%) e joelhos e parte superior das costas (26,32%).

Tabela 26. Prevalência de sintomatologia de LMERT nos últimos 12 meses por Grupo de idade.

Indicadores	Grupo de idade ≤ 40 (n = 19)		Grupo de idade > 40 (n = 35)	
	N	Prevalência (%)	N	Prevalência (%)
Pescoço	4	21,05	6	17,14
Ombros esquerdo	2	10,53	4	11,43
Ombros direito	3	15,79	6	17,14
Ombros ambos	6	31,58	8	22,86
Cotovelos esquerdo	0	0,00	2	5,71
Cotovelos direito	1	5,26	2	5,71
Cotovelos ambos	0	0,00	0	0,00
Punhos/Mãos esquerda	2	10,53	5	14,29
Punhos/Mãos direita	1	5,26	1	2,86
Punhos/Mãos ambos	2	10,53	4	11,43
Parte superior das costas	5	26,32	4	11,43
Parte inferior das costas	12	63,16	18	51,43
Quadris	2	10,53	4	11,43
Joelhos esquerdo	1	5,26	5	14,29
Joelhos direito	2	10,53	6	17,14
Joelhos ambos	5	26,32	4	11,43
Pernas esquerda	0	0,00	2	5,71
Pernas direita	1	5,26	1	2,86
Pernas ambos	3	15,79	2	5,71
Tornozelos/Pés	4	21,05	7	20,00

A Figura 32, apresenta a representação gráfica comparando a prevalência de sintomatologia de LMERT entre os dois grupos, com idade superior e inferior a 40 anos. Verifica-se que os trabalhadores com idade superior a 40 anos, apontaram um maior número de queixas na região inferior das costas, superior das costas, ambos joelhos e ombros.

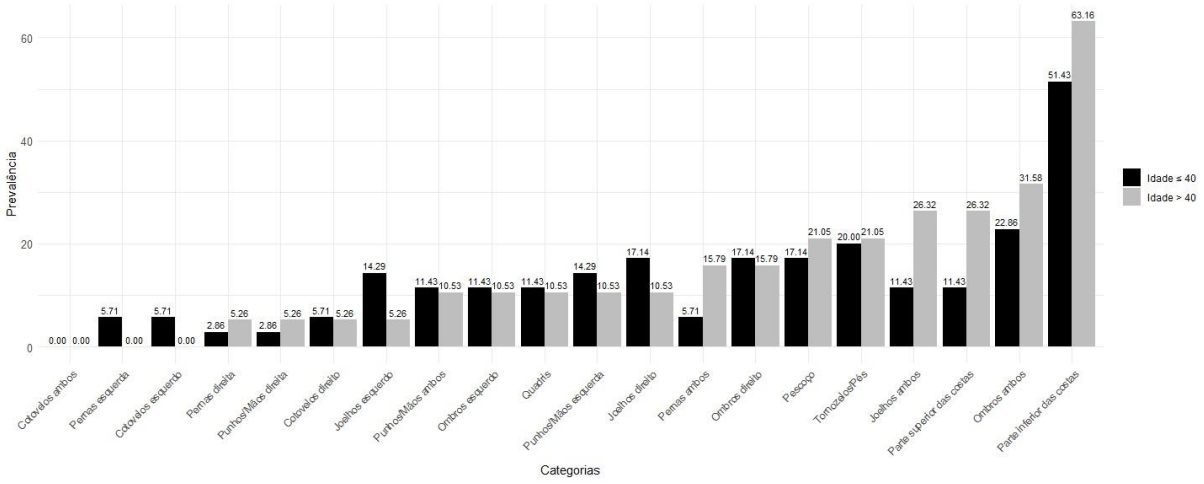


Figura 32. Prevalência de LMERT nos últimos 12 meses por grupo de idade.

Na Tabela 27, é possível verificar a prevalência de sintomatologia de LMERT de acordo com o IMC dos trabalhadores. O IMC foi subdividido em dois grupos: não obesos (IMC<24,9) e com sobrepeso ou obesos (IMC>24,9). De acordo com a Tabela 26, os trabalhadores sem obesidade (n=12) têm uma prevalência maior de queixas em comparação com os trabalhadores com sobrepeso ou obesidade (n=42). As principais queixas foram na região lombar (58,33%), seguida pela região do pescoço (33,33%). Com relação aos trabalhadores com sobrepeso ou obesidade, as principais queixas relatadas foram na região lombar (54,76%), em ambos os ombros (28,57%) e nos tornozelos/pés (23,81%).

Tabela 27. Prevalência de LMERT nos últimos 12 meses x IMC

Indicadores	Não Obeso (n = 12)		Obeso (n = 42)	
	N	Prevalência (%)	N	Prevalência (%)
Pescoço	4	33,33	6	14,29
Ombros esquerdo	1	8,33	5	11,90
Ombros direito	3	25,00	6	14,29
Ombros ambos	2	16,67	12	28,57
Cotovelos esquerdo	0	0,00	2	4,76
Cotovelos direito	0	0,00	3	7,14
Cotovelos ambos	0	0,00	0	0,00
Punhos/Mãos esquerda	1	8,33	6	14,29
Punhos/Mãos direita	2	16,67	0	0,00
Punhos/Mãos ambos	1	8,33	5	11,90

Indicadores	Não Obeso (n = 12)		Obeso (n = 42)	
	N	Prevalência (%)	N	Prevalência (%)
Parte superior das costas	4	33,33	5	11,90
Parte inferior das costas	7	58,33	23	54,76
Quadris	2	16,67	4	9,52
Joelhos esquerdo	2	16,67	4	9,52
Joelhos direito	2	16,67	6	14,29
Joelhos ambos	1	8,33	8	19,05
Pernas esquerda	0	0,00	2	4,76
Pernas direita	0	0,00	2	4,76
Pernas ambos	1	8,33	4	9,52
Tornozelos/Pés	1	8,33	10	23,81

A Figura 33, apresenta a representação gráfica dos resultados encontrados entre os trabalhadores não obeso (peso normal) e os obesos (que estão na faixa de sobrepeso e obeso). Os trabalhadores considerados obesos apresentaram um maior número de queixas em ambos os joelhos, ambos os ombros e nos pés/tornozelos. Os trabalhadores não obesos apresentaram maior número de queixas na região inferior e superior das costas e pescoço.

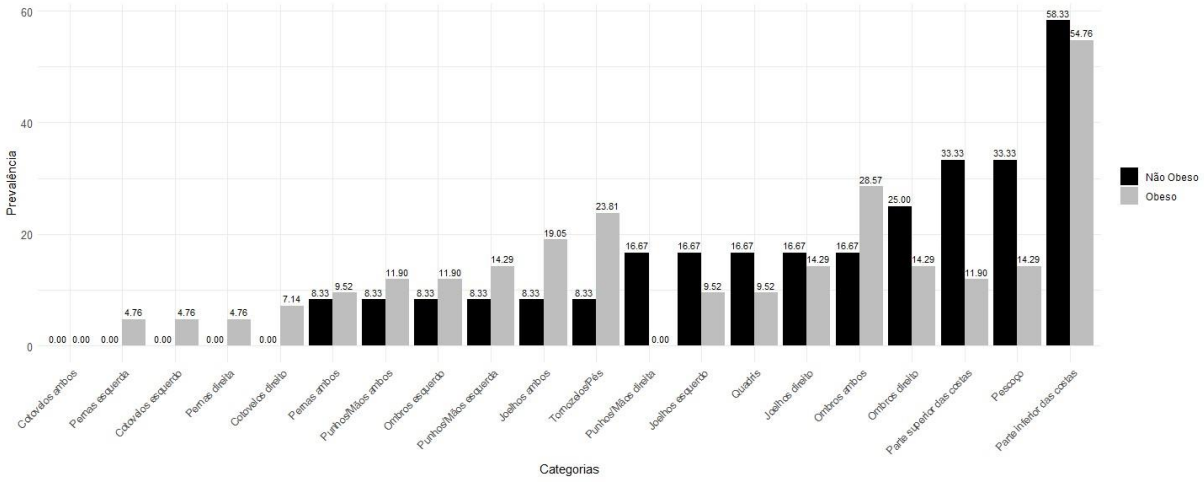


Figura 33. Prevalência de LMERT nos últimos 12 meses por obeso e não obeso.

Com relação à associação significativa entre a prevalência de sintomatologia de LMERT e o tempo de trabalho na empresa, a Tabela 28 mostra que os trabalhadores com menos tempo de trabalho na

empresa apresentaram maior número de queixas de dor e desconforto durante o exercício da tarefa. Os trabalhadores com tempo de serviço igual ou inferior a 15 anos apresentaram maior prevalência de queixas nas regiões lombar (54,05%), ombros (27,03%) e joelhos (21,62%).

Tabela 28. Prevalência de sintomatologia de LMERT nos últimos 12 meses por Tempo de Serviço.

Categorias	Tempo de Serviço ≤ 15 (n = 37)		Tempo de Serviço > 15 (n = 17)	
	N	Prevalência	N	Prevalência
Pescoço	7	18,92	3	17,65
Ombro esquerdo	4	10,81	2	11,76
Ombro direito	6	16,22	3	17,65
Ombros - Ambos	10	27,03	4	23,53
Cotovelo esquerdo	0	0,00	2	11,76
Cotovelo direito	1	2,70	2	11,76
Cotovelo - Ambos	0	0,00	0	0,00
Punho/mão esquerda	5	13,51	2	11,76
Punho/mão direita	2	5,41	0	0,00
Punho/mão ambos	3	8,11	3	17,65
Cervical	7	18,92	2	11,76
Lombar	20	54,05	10	58,82
Quadril	4	10,81	2	11,76
Joelho esquerdo	3	8,11	3	17,65
Joelho direito	3	8,11	5	29,41
Joelhos - ambos	8	21,62	1	5,88
Perna esquerda	1	2,70	1	5,88
Perna direita	1	2,70	1	5,88

Categorias	Tempo de Serviço ≤ 15 (n = 37)		Tempo de Serviço > 15 (n = 17)	
	N	Prevalência	N	Prevalência
Pernas - ambas	4	10,81	1	5,88
Tornozelos/pés	7	18,92	4	23,53

A Figura 34, mostra a representação gráfica dos resultados encontrados em relação ao tempo de serviço dos trabalhadores. Observa-se que aqueles que possuem menos que 15 anos de serviço, apresentaram maior percentual de queixas em várias regiões corporais. Destaca-se a região inferior das costas, joelhos, punhos, cotovelos, ombros, quadris, tornozelos e pés.

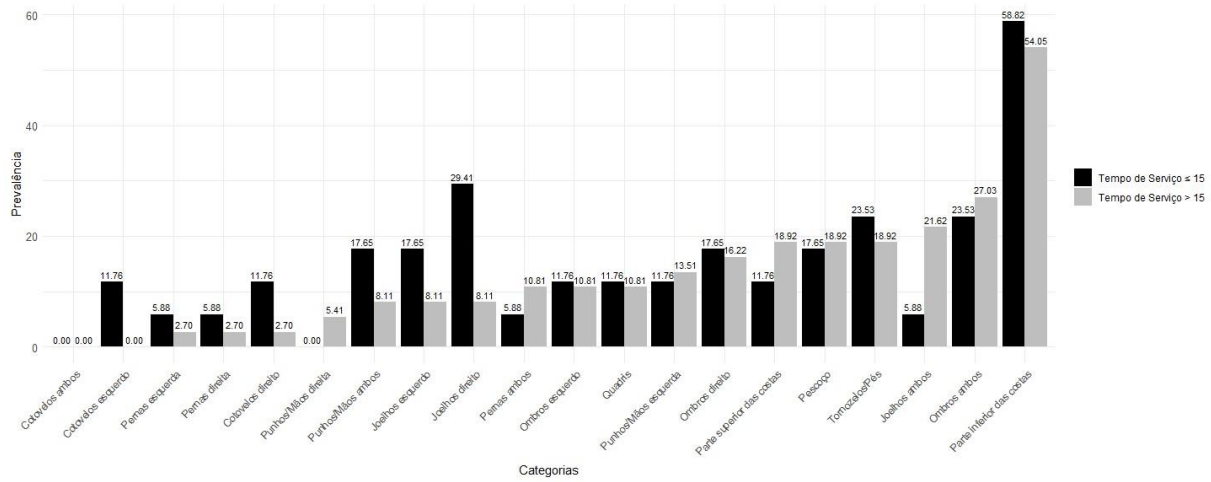


Figura 34. Prevalência de LMERT nos últimos 12 meses por tempo de serviço.

Quanto à associação significativa entre o IMC e o tempo de serviço dos coletores de resíduos sólidos urbanos, os resultados indicam que a maioria dos trabalhadores com menos de 15 anos de serviço apresentava peso normal (31; 57%), enquanto 6 (11%) estavam em condição de sobrepeso ou obesidade. Entre os trabalhadores com mais de 15 anos de experiência, 10 (19%) apresentaram peso normal e 7 (13%) encontravam-se em situação de sobrepeso ou obesidade.

Quanto à intensidade da dor em cada região corporal, de acordo com a percepção dos trabalhadores, observa-se na Tabela 29 que as regiões da coluna lombar, ombros e joelhos apresentaram intensidade média superior a 5 em diversas amostras. As regiões que atingiram intensidade máxima (10) foram: ombros, punhos e mãos, região cervical, lombar, quadril, joelhos e pernas.

. Tabela 29. Intensidade da dor por região corporal.

Região Corporal	Intensidade da dor										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Pescoço	0	1	1	0	2	3	1	2	0	0	10
Ombros	1	1	1	2	8	2	3	6	2	3	29
Cotovelos	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	5
Punhos/Mãos	0	1	0	3	4	1	1	1	2	2	15
Cervical	0	0	3	2	0	0	0	3	0	1	9
Lombar	1	1	4	2	6	6	2	5	1	2	30
Quadril	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	5*
Joelhos	1	1	1	3	9	4	0	2	0	1	22*
Pernas	0	1	1	1	2	1	1	0	0	2	9
Tornozelos/Pés	0	1	1	1	3	1	1	2	1	0	11

* Não foi registrada a intensidade da dor de um dos sujeitos

4.4 Percepção dos trabalhadores ao esforço – escala de Borg

Os resultados referentes à percepção dos trabalhadores sobre o esforço exercido durante as atividades de agachar, transportar, lançar os sacos, puxar e empurrar o contentor e subir e descer o estribo, por meio da escala de classificação de esforço percebido de Borg (Borg, 1998), são apresentados na Figura 35.

As tarefas realizadas com sacos apresentaram esforço moderado pela maior parte dos trabalhadores. Os resultados mostram que 29 participantes consideraram a atividade de agachar-se para pegar o saco como esforço moderado, 35 participantes consideraram a atividade de carregar/transportar a sacola também como de esforço moderado, e 10 a consideraram difícil.

A atividade de levantar e lançar o saco também foi considerada moderada por 24 participantes e difícil por 16 trabalhadores. As tarefas realizadas com o contentor mostram que a maior dificuldade encontrada entre os trabalhadores é empurrar o equipamento, sendo considerado esforço moderado por 31 trabalhadores e difícil por 8, muito difícil por 3 e extremamente difícil por 2.

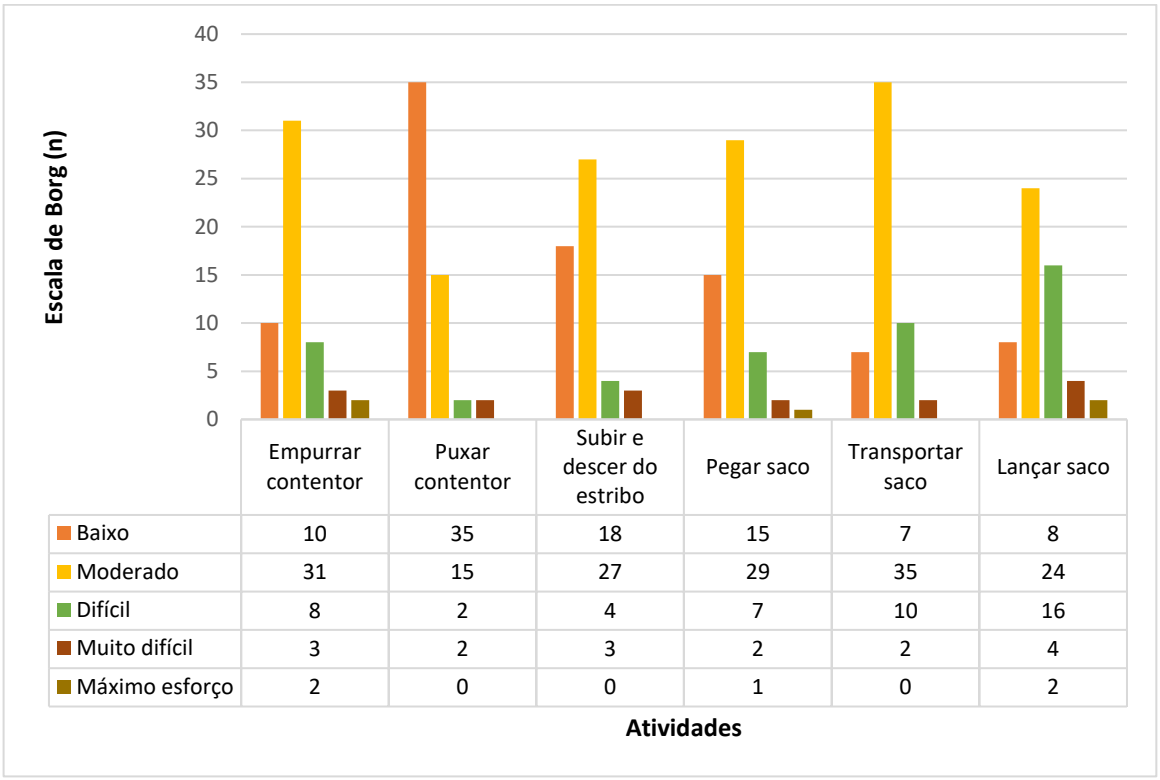


Figura 35. Percepção subjetiva do esforço – Escala de Borg, nas etapas de execução da atividade

Em contrapartida, o esforço exercido para puxar o contentor foi considerado baixo por 35 trabalhadores. Quanto a atividade de subir de descer estribo, 18 trabalhadores informaram esforço baixo e 27 moderado.

Quando entrevistados sobre o melhor método para realizar a atividade de coleta de resíduos domiciliares, 81% preferiram a coleta por meio do contentor de quatro rodas, 15% preferiram os coletores de duas rodas e 4% optaram por ambos, em detrimento da estratégia de coleta por meio de saco individual.

4.5 Frequência Cardíaca

Para avaliar a carga física da atividade, foi monitorada a frequência cardíaca (FC) média de 34 trabalhadores, 12 do município Guimarães, 11 do município Fafe e 11 do município Felgueiras. No município Guimarães foram monitorados os trabalhadores dos turnos da manhã e da tarde, e não foi possível coletar a FC do turno da noite. No município Fafe, todos os trabalhadores foram monitorados em todos os turnos. No município Felgueiras, todos os trabalhadores foram monitorados, exceto um, devido a uma falha no equipamento. A FC média dos 34 trabalhadores monitorados foi de 102,8 ±18,4 bpm. De acordo com Apud (1997), a atividade deve ser classificada como moderadamente pesada,

Tabela 30. Considerando a FC média registrada por pessoa, a atividade foi classificada como muito leve em 2,9% (1) dos trabalhadores, leve em 44,2% (15), moderadamente pesada em 50% (17) e extremamente pesada em 2,9% (1) da amostra.

Tabela 30. Carga Física dos 34 trabalhadores monitorados.

Carga Cardiovascular no trabalho							
Município	**FCT**	**FCR**	**FCM**	**CCV%**	**FCL**	**TR**	**Classificação**
Guimarães	98	61	188	29	99,1		Leve
Guimarães	100	65	168	34	95,9	7,03	moderadamente pesado
Guimarães	94	80	160	18	104		Leve
Guimarães	88	115	164	0	129,7		Leve
Guimarães	71	64	167	7	94,9		Muito Leve
Guimarães	94	89	191	5	119,6		Leve
Guimarães	112	87	174	29	113,1		moderadamente pesado
Guimarães	93	103	185	0	127,6		Leve
Guimarães	87	99	162	0	117,9		Leve
Guimarães	98	87	167	14	111		Leve
Guimarães	114	84	163	38	107,7	12,60	moderadamente pesado
Média	**95,4**	**84,9**	**171,7**	**15,8**	**111,0**		
Fafe	78	57	177	18	93		Leve
Fafe	106	94	195	12	124,3		moderadamente pesado
Fafe	111	99	172	16	120,9		moderadamente pesado
Fafe	121	98	181	28	122,9		moderadamente pesado
Fafe	116	75	191	35	109,8	9,07	moderadamente pesado
Fafe	116	94	180	26	119,8		moderadamente pesado
Fafe	111	78	184	31	109,8	2,18	moderadamente pesado
Fafe	128	80	197	41	115,1	16,13	pesado
Fafe	104	78	167	29	104,7		moderadamente pesado
Fafe	95	83	181	12	112,4		Leve
Fafe	89	65	168	23	95,9		Leve
Média	**106,8**	**81,9**	**181,2**	**24,6**	**111,7**		

Carga Cardiovascular no trabalho							
Município	FCT	FCR	FCM	CCV%	FCL	TR	Classificação
Felgueiras	117	90	165	36	112,5	10,00	moderadamente pesado
Felgueiras	87	99	167	0	119,4		Leve
Felgueiras	92	99	172	0	120,9		Leve
Felgueiras	102	96	169	8	117,9		moderadamente pesado
Felgueiras	103	91	166	16	113,5		moderadamente pesado
Felgueiras	106	93	169	17	115,8		moderadamente pesado
Felgueiras	101	102	165	0	120,9		moderadamente pesado
Felgueiras	80	78	165	2	104,1		Leve
Felgueiras	104	88	174	19	113,8		moderadamente pesado
Felgueiras	97	93	159	6	112,8		Leve
Felgueiras	94	79	176	15	108,1		Leve
Felgueiras	110	92	182	20	119		moderadamente pesado
Média	**99,4**	**91,7**	**169,1**	**11,6**	**114,9**		
Média Global	**100,6**	**86,9**	**174,3**	**16,6**	**113,1**		

Legenda: FCT: Frequência cardíaca de trabalho; FCR: Frequência cardíaca de repouso; FCM: Frequência cardíaca máxima; CCV%: Carga cardiovascular; FCL: Frequência cardíaca limite; TR: Tempo de repouso

Como pode ser observado, apenas seis trabalhadores (17,6%) apresentaram carga cardiovascular (CCV) superior ao limite de 30% recomendado. De acordo com Apud (1989), essa condição enquadra-se nas categorias de trabalho moderadamente pesado e pesado, sendo indicado um tempo de recuperação entre 2 e 16 minutos para os indivíduos com valores de CCV acima do limite estabelecido. Apesar da FCT ser inferior a 30% em 12 indivíduos, a classificação foi moderadamente pesada.

Vale destacar que dos 12 trabalhadores do Município de Guimarães, 3 (25%) apresentaram FCT classificada como moderadamente pesada. No município de Fafe, 8 (72%) foram classificadas entre moderadamente pesada e pesada. Em Felgueiras, 7 (63%), foram classificados como moderadamente pesada. Ressalta-se que o método de coleta predominante no Munícipio de Fafe é através de sacos que são colocados frente a porta das residências. Além de ser o município que apresenta maior altimetria, Tabela 31. Como pode ser observado, a altitude máxima do município de Guimarães é 676 metros, de

Felgueiras 679 m e Fafe 885 m, sendo o município com maior altitude. Verificou-se que a realização das atividades em terrenos declivosos resulta em maior demanda física, evidenciada pelo aumento da frequência cardíaca média dos trabalhadores, corroborando os achados de Fiedler et al. (2012) e Minette et al. (2015), que apontam que a inclinação do terreno e as condições ambientais adversas intensificam o desgaste físico e a sobrecarga metabólica durante o trabalho.

Tabela 31. Altitude do relevo dos municípios. Fonte: topographic-map.com (2023)

	Guimarães	Fafe	Felgueiras
Altitude média	271 m	450 m	351 m
Altitude mínima	57 m	122 m	136 m
Altitude máxima	676 m	885 m	679 m

A análise do comportamento da FC foi realizada em três trabalhadores, um de cada município, e verificada a altitude do terreno em que a FC máxima e mínima foram atingidas, Tabela 32. Ressalta-se que a FC máxima adotada para efeito da análise altimétrica, foi a registrada pelo relógio inteligente portado pelo trabalhador, os dados foram obtidos na plataforma de saúde e esportes disponível no site Mobvoi e cruzados com as informações disponíveis no Google Earth. Os trabalhadores foram escolhidos aleatoriamente. Os municípios investigados possuem altitudes elevadas, visto que parte de seu relevo é constituído por montanhas.

Tabela 32. FC dos trabalhadores dos municípios conforme altimetria do terreno Fonte: Google Earth (2023).

	FC média (bpm)	FC máx.(bpm)	FC mín.(bpm)	Altitude máx.(m)	Altitude mín. (m)
Trabalhador de Guimarães	114	182	56	395	306
Trabalhador de Fafe	116	184	72	491	271
Trabalhador de Felgueiras	106	160	72	226	213

As FC máxima e mínima do trabalhador do munícipio de Guimarães, registraram valores de 182 e 56 bpm quando o trabalhador se encontrava a uma altitude de 395 e 306 metros, respectivamente. A FC

máxima foi atingida após 3h 28min 23s e a mínima foi registrada após 2h 45min 35s de trabalho. A FC média registrada foi 114 bpm, conforme apresentado na Tabela 31 e demonstrado na Figura 36.

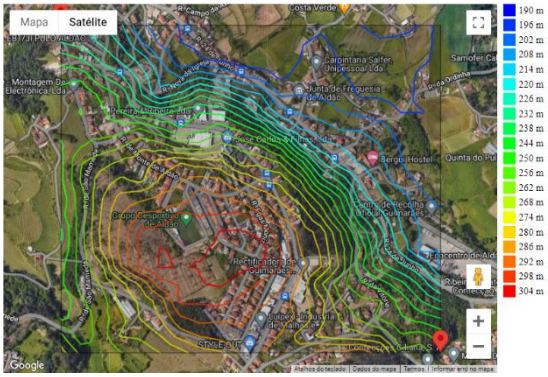
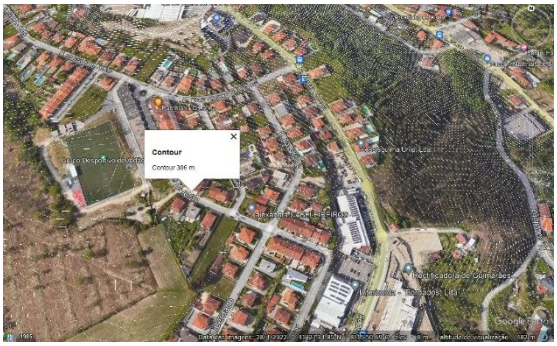
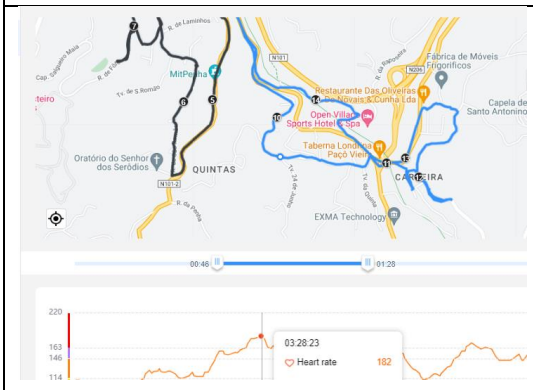
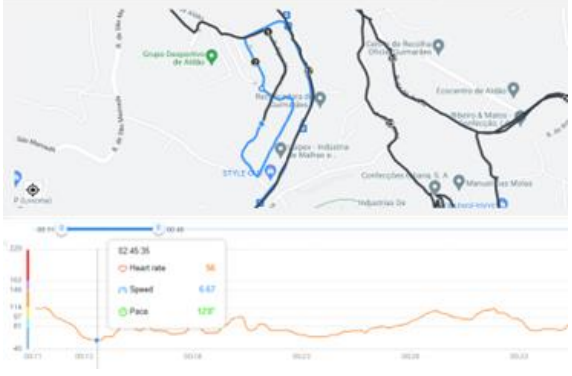
Condições de FC Máxima	Condições de FC Mínima
	
	
	

Figura 36. FC máx. e mín. conforme altitude geográfica no Município de Guimarães. Fonte: Google Earth e Mobvoi.

Com relação ao munícipio de Fafe, a FC máxima e mínima foram 184 e 72 bpm quando o trabalhador se encontrava a uma altitude de 271 e 491 metros, respectivamente, Figura 37. A FC máxima foi tingida

após decorridas 3h25min06s de trabalho e a FC mínima após 5h24min15s. A FC média registrada durante a atividade foi de 116 bpm.

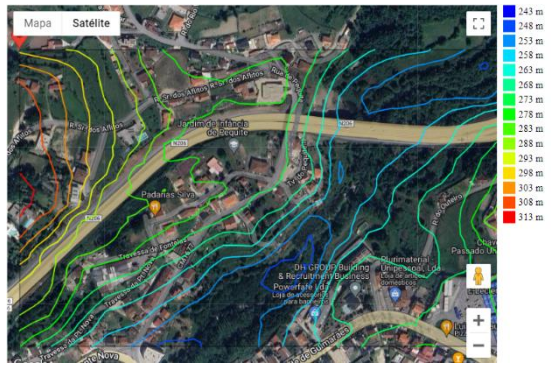
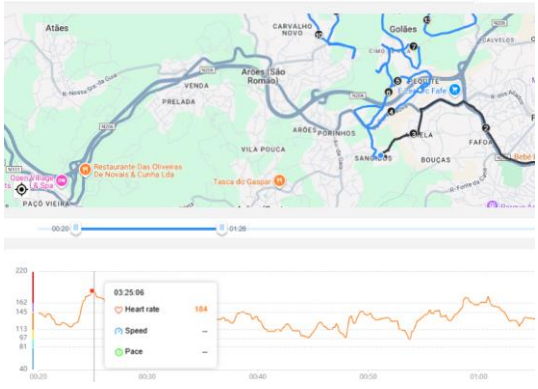
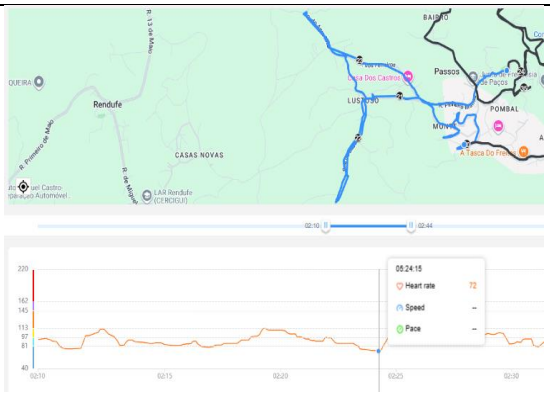
Condições de FC Máxima	Condições de FC Mínima
	
	
	

Figura 37. FC máx. e mín. conforme altitude geográfica no Município de Fafe. Fonte: Google Earth e Mobvoi.

A cidade de Felgueiras, apresentou FC máxima e mínima de 160 e 72 bpm quando o trabalhador se encontrava a uma altitude de 226 e 213 metros, respectivamente. Tais FC foram atingidas após 02h32min57s e 05h35min05s decorridas de trabalho, respectivamente. A Figura 38 mostra as curvas

de nível do terreno, bem como a altitude exata em que os valores máximos e mínimos da FC foram registrados. A FC média registrada foi de 106 bpm.

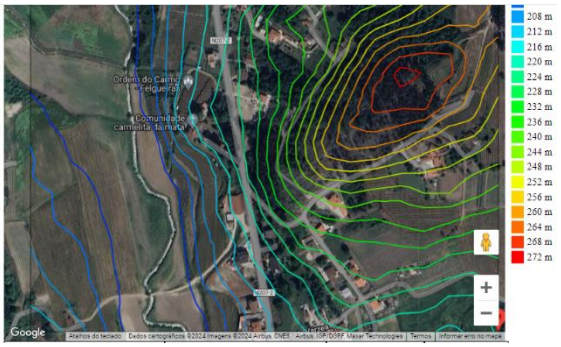
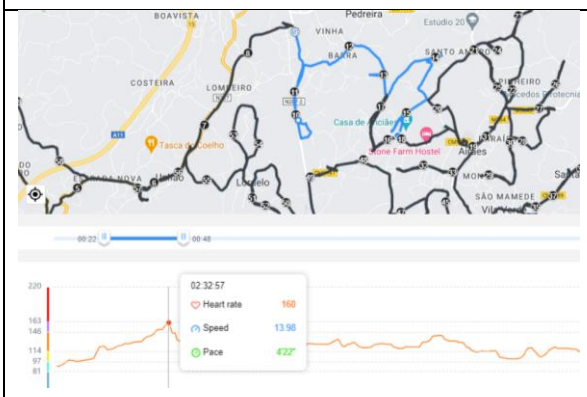
Condições de FC Máxima	Condições de FC Mínima
	
	
	

Figura 38. FC máx. e mín. conforme altitude geográfica no Município de Felgueiras. Fonte: Google Earth e Mobvoi.

4.6 Análise em Laboratório

Os testes foram realizados no Laboratório de Ergonomia da Universidade do Minho, em dias previamente acordados com os voluntários, conforme a sua disponibilidade. Os testes ocorreram no período entre 27 de julho a 15 de setembro de 2023. A duração de cada teste variou entre 1 hora e 40 minutos a 2 horas,

sendo que este período inclui toda a preparação e instrumentação dos participantes antes da realização dos testes.

4.6.1 Caracterização do estudo em laboratório

O estudo foi realizado na Universidade do Minho, em área aberta sobre terreno pavimentado. Nesta etapa, a atividade de coleta de resíduos foi simulada e contou com a participação de voluntários. Inicialmente foram realizados 3 testes piloto para consolidar a metodologia e realizar possíveis ajustes. O estudo contou inicialmente com a participação de 11 voluntários. Contudo, em razão da interrupção de um dos testes por condições climáticas adversas, foram incluídos na análise os resultados obtidos de 10 participantes, todos do gênero masculino, destros e com faixa etária entre 20 e 54 anos. A Tabela 33 mostra a caracterização da amostra, 60% estavam com peso normal, 40% estavam com sobrepeso.

Tabela 33. Caracterização da amostra de voluntários

	Média	DP
Idade (anos)	30,8	8,92
Altura (m)	1,77	0,03
Peso (kg)	74,27	6,75
IMC	23,78	2,10

4.6.2 Resultados da Análise Cinemática do Movimento e do REBA

A Tabela 34 apresenta a pontuação geral do REBA entre os 10 participantes de acordo com as tarefas realizadas. O sujeito 3 apresentou falha no registro nas tarefas 6 e 9, e, portanto, não foi possível o registro dos dados. A tarefa 3 foi executada apenas pelos sujeitos 7, 8, 9 e 10, visto que o equipamento (balde) chegou durante a realização do estudo. Os resultados mostram que as tarefas possuem risco entre alto e muito alto.

Tabela 34.Pontuação REBA por sujeito e tarefa.

Tarefas	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 4	Sujeito 5	Sujeito 6	Sujeito 7	Sujeito 8	Sujeito 9	Sujeito 10
1. Agachar, elevar, transportar e lançar saco de 5kg	11	10	9	9	11	9	9	8	8	9
2. Agachar, elevar, transportar e lançar saco de 10kg	10	11	10	11	11	10	9	10	11	9
3. Agachar, elevar, transportar e descarregar balde de 10kg							9	10	10	11
4. Puxar, abrir e empurrar contentor de 1100 l com 50kg em terreno com desnível por degrau	11	11	8	10	11	9	10	11	11	11
5. Puxar, abrir e empurrar contentor de 1100 l com 50kg em terreno com desnível por rampa	11	9	8	11	11	11	11	11	8	11
6. Puxar, abrir e empurrar contentor de 1100 l com 50kg em terreno com mesmo nível	10	10		11	11	9	10	9	8	9
7. Puxar, abrir e empurrar contentor de 120 l com 20kg em terreno com desnível por degrau	8	10	9	9	10	9	11	11	11	11
8. Puxar, abrir e empurrar contentor de 120 l com 20kg em terreno com desnível por rampa	10	11	8	10	11	9	10	10	9	11
9. Puxar, abrir e empurrar contentor de 120 l com 20kg em terreno com mesmo nível	9	10		8	10	8	7	9	9	9

Score	Risco	Ação
1	Inapreciável	Não é necessária
2 - 3	Baixo	Pode ser necessária
4 - 7	Médio	Necessária
8 - 10	Alto	Prontamente necessário
11 - 15	Muito Alto	Necessária imediatamente

As posturas registradas por meio da análise cinemática do movimento permitiram identificar a pontuação REBA em cada segmento corporal através do tratamento e ordenamento dos dados no Excel, versão 2402. conforme apresentado na Tabela 35. Verifica-se que as regiões corporais mais solicitadas durante as tarefas foram o tronco e os braços. A tarefa que apresentou menor pontuação, considerando todos os segmentos corporais, foi a coleta de resíduos por meio de sacos de 5 kg.

Tabela 35. Pontuação média REBA por segmento corporal

	5KG	10KG	BALDE	C4RDD	C4RDR	C4RMN	C2RDD)	C2RDR	C2RMR
Tronco	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Pescoço	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pernas	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Braços	3	4	4	4	4	4	4	3	3
Antebraço	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Punhos	2	2	3	3	2	3	2	3	3

Desta forma, considera-se que a atividade de coleta de resíduos urbanos possui alto risco de LMERT, segundo o REBA. Portanto, a redução da carga e utilização de coletores de duas rodas com capacidade de 120 L, movimentados em terreno com mesmo nível ou com o auxílio de rampa, exigem menor risco nos braços. No entanto, para os últimos, a pontuação torna-se maior para os punhos.

4.6.3 Resultados da Eletromiografia de Superfície

Considerando a classificação do %MVC com base na metodologia desenvolvida por Bernard (2014) e adaptada da Escala Borg, na Tabela 36, nesta etapa do trabalho, foi investigado o comportamento do Músculo com relação a variável Ativação muscular (MVC), considerando particularmente cada tarefa.

Tabela 36. Classificação do % MVC com base na Escala de Borg. Fonte: Adaptado de Bernard (2012)

Pontuação	Intensidade de esforço	%MVC	Classificação
0	Nenhum esforço, repouso	0	1
0,5	Extremamente leve	5	
1	Muito leve	10	
2	Moderadamente leve	20	
3	Moderado	30	2
4		40	
5	Forte	50	3
6		60	
7	Muito forte	70	4
8		80	
9	Extremamente forte	90	5
10		100	

O principal objetivo foi comparar os níveis de Ativação muscular (MVC) (Máxima Contração Voluntária) correspondentes a 9 tarefas e 8 músculos observados a partir de 10 sujeitos que participaram do experimento. Especificamente, buscou-se investigar sobre uma possível influência da variável independente (VI) Tarefa sobre a variável dependente (VD) a qual é expressa através do percentual da Máxima Contração Voluntária (%MVC), obtida pela razão entre Força na Tarefa (máxima) e MVC do Músculo; multiplicada por 100 (Força na Tarefa (máxima)/MVC do Músculo * 100).

As codificações das possíveis respostas para as variáveis Tarefa e Músculo que constam na base de dados são:

- Tarefa 1: Saco 5 Kg (S5Kg);
- Tarefa 2: Saco 10 Kg (S10Kg);
- Tarefa 3: Balde, 95 l, 10 Kg (B);
- Tarefa 4: Contentor de 4 rodas, 1100 l, 50 Kg com Desnível por degrau (C4RDD);
- Tarefa 5: Contentor de 4 rodas, 1100 l, 50 Kg com Desnível por rampa (C4RDR);

- Tarefa 6: Contentor de 4 rodas, 1100 l, 50 Kg ao Mesmo nível (C4RMN);
- Tarefa 7: Contentor de 2 rodas, 120 l, 20 Kg com Desnível por degrau (C2RDD);
- Tarefa 8: Contentor de 2 rodas, 120 l, 20 Kg com Desnível por rampa (C2RDR);
- Tarefa 9: Contentor de 2 rodas, 120 l, 20 Kg ao Mesmo nível C2RMN;

Os 8 diferentes músculos estão codificados como:

- Músculo 1: Trapézio superior lado esquerdo (TSE);
- Músculo 2: Iliocostal em L2 lado esquerdo (ILE);
- Músculo 3: Longuíssimo em L1 lado esquerdo (LGE);
- Músculo 4: Multífido lado esquerdo (MFE);
- Músculo 5: Trapézio superior lado direito (TSD);
- Músculo 6: Iliocostal em L2 lado direito (ILD);
- Músculo 7: Longuíssimo em L1 lado direito (LGD); e
- Músculo 8: Multífido lado direito (MFD).

Participaram do experimento 10 sujeitos, gerando um total de 720 observações (10 × 9 × 8) registradas na base de dados. Cada sujeito foi submetido à realização de 9 tarefas, buscando-se observar os efeitos destas tarefas sobre 8 músculos. Desta forma, dever-se-ia ter um total de 720 observações na base de dados final. No entanto, apenas os sujeitos 7, 8, 9 e 10 simularam a tarefa de número 3, tendo em vista que o equipamento (balde) não chegou durante o estudo para os demais sujeitos.

De outra forma, isto quer dizer que não foi possível observar esta tarefa para 6 sujeitos que foram identificados pelos códigos 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Assim, existe um total de 6 sujeitos x 8 músculos = 48 observações perdidas. Adiciona-se a este total mais 10 observações perdidas devido às falhas no registro do EMG do músculo iliocostal; e uma (1) observação correspondeu também à tarefa 3 (mas de outro sujeito que não dentre os 6 que perderam esta tarefa).

Um total de 720 – 48 – 10 = 662 valores efetivamente observados para a variável calculada Ativação muscular (MVC) que a partir de então encontra-se na atual base de dados para as devidas análises.

É importante destacar que 137 das observações tiveram valores da variável MVC acima de 100%, estas foram transformadas para assumir o valor igual a 100% com o objetivo de evitar distorção no tratamento estatístico, o que significa que tais observações foram truncadas no valor máximo. Além disso, foram encontradas 19 observações cujo valor da variável MVC é igual a 100%. Desta forma, 156 (137+19) observações tiveram valores igual a 100%.

As medidas estatísticas obtidas e apresentadas na Tabela 37 e Figura 39 não consideram informação alguma sobre a relação de dependência entre as observações (dados observados) devida à forma como o experimento foi desenvolvido. Trata-se dos dados estatísticos descritivos geral da variável Ativação muscular (MVC), após transformação dos valores que ocorreram maiores que 100%. De fato, as análises estatísticas a serem desenvolvidas posteriormente devem levar em consideração que apenas as observações entre os 10 sujeitos voluntários é que são independentes pois os demais apresentam-se de forma dependente tendo em vista que: 1) Cada uma dos 10 sujeitos fora submetido a 9 tarefas, gerando 9 observações dependentes e 2) Em cada tarefa foram observados os comportamentos de 8 músculos do mesmo sujeito, gerando 8 observações dependentes adicionais.

Tabela 37. *Estatísticas descritivas geral da variável Ativação muscular (MVC), após transformação dos valores que ocorreram maiores que 100%.*

n	Mín.	Máx.	Média	DP	CV	Md
662	1.34	100	65.69	29.07	44.26	66.89

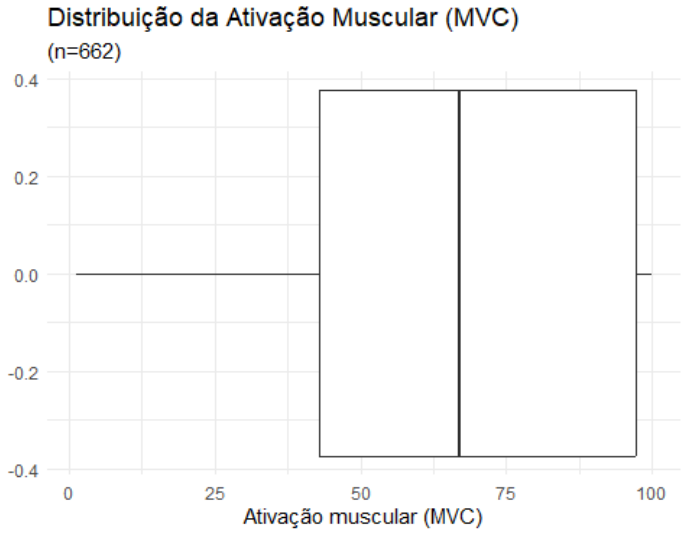
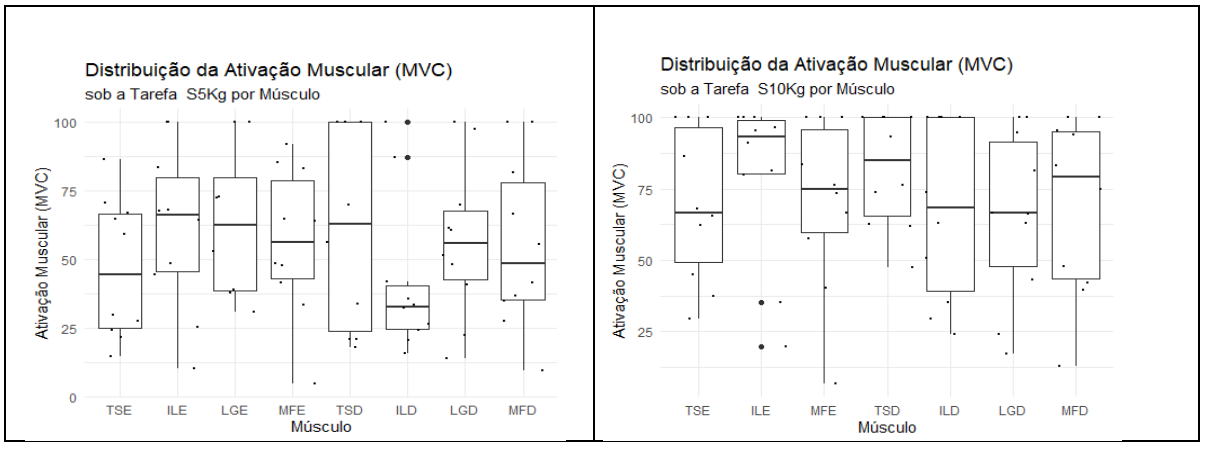


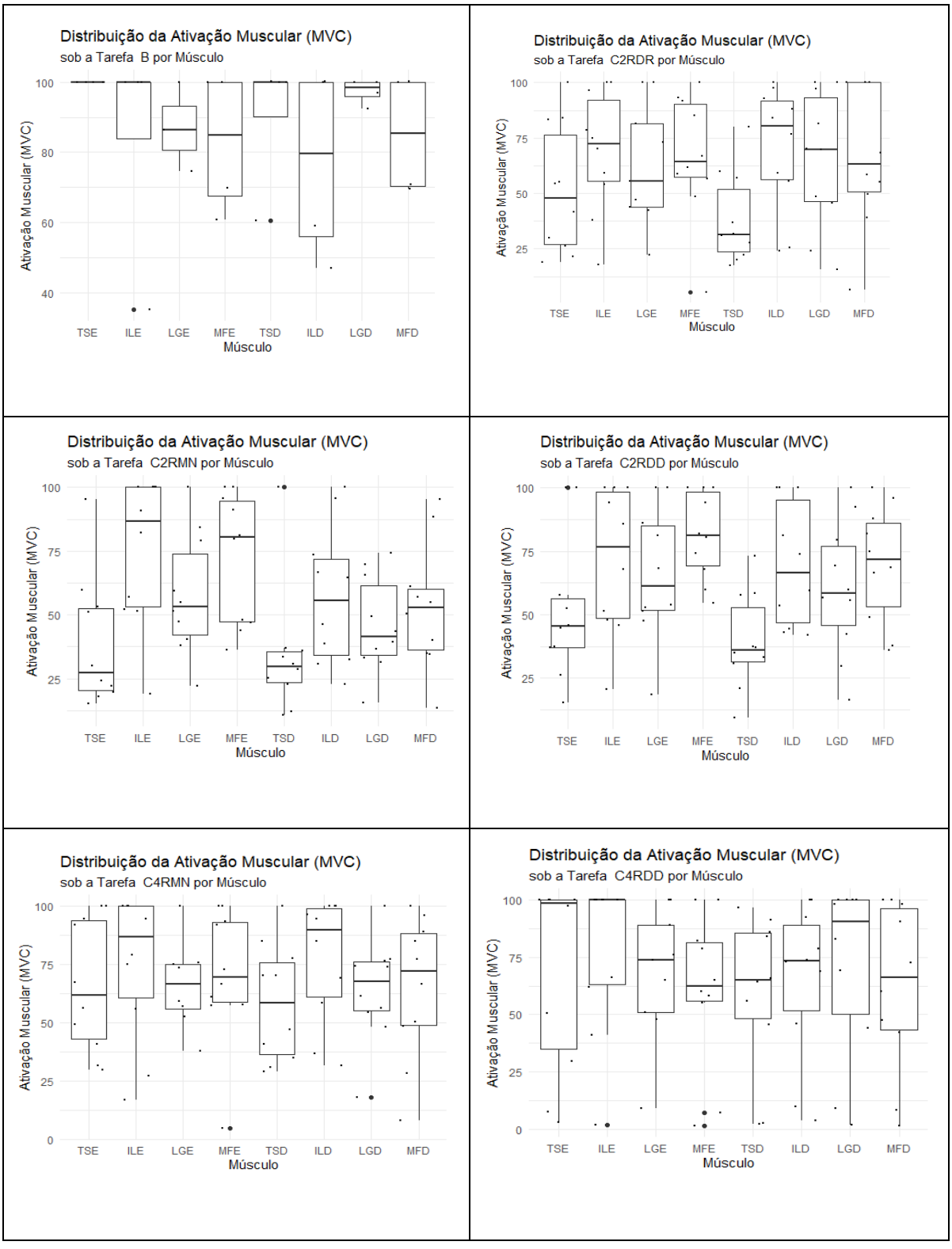
Figura 39.Distribuição dos dados da variável Ativação muscular (MVC), após transformação dos valores que ocorreram maiores que 100%.

As condições experimentais descritas caracterizam um “delineamento complexo”, de modo que o uso de técnicas estatísticas bastante complexas se fez necessário uma vez que o objetivo foi comparar de forma conjunta os efeitos das duas (2) variáveis independentes de medida repetida (2 VI-MR) Tarefa e Músculo sobre a variável dependente (VD) MVC. Neste contexto, com o intuito de simplificar, as análises a seguir foram desenvolvidas para cada um dos 8 músculos em separado visando comparar o comportamento da variável MVC (VD) entre as diferentes tarefas (Tarefa é 1 VI-MR).

Esse procedimento resultou no desenvolvimento de oito análises distintas, cada uma relacionada a um dos oito grupos musculares investigados. Para cada grupo, foi aplicada uma Análise de Variância para Medidas Repetidas (ANOVA-MR). No entanto, considerando a possibilidade de que os pressupostos estatísticos exigidos pelos testes paramétricos não fossem atendidos, optou-se também pela aplicação de métodos não paramétricos, especificamente a ANOVA de Friedman, a fim de assegurar maior robustez e validade aos resultados.

Foi realizada uma análise exploratória e descritiva da variável MVC, considerando todas as tarefas executadas, com o objetivo de comparar os resultados entre os oito músculos avaliados nos 10 sujeitos participantes do experimento. Os resultados dessa análise estão apresentados na Figura 40.




Distribuição da Ativação Muscular (MVC)
sob a Tarefa B por Músculo
Ativação Muscular (MVC)
100
80
60
40
TSE ILE LGE MFE TSD ILD LGD MFD
Músculo
Distribuição da Ativação Muscular (MVC)
sob a Tarefa C2RDR por Músculo
Ativação Muscular (MVC)
100
75
50
25
TSE ILE LGE MFE TSD ILD LGD MFD
Músculo
Distribuição da Ativação Muscular (MVC)
sob a Tarefa C2RMN por Músculo
Ativação Muscular (MVC)
100
75
50
25
TSE ILE LGE MFE TSD ILD LGD MFD
Músculo
Distribuição da Ativação Muscular (MVC)
sob a Tarefa C2RDD por Músculo
Ativação Muscular (MVC)
100
75
50
25
TSE ILE LGE MFE TSD ILD LGD MFD
Músculo
Distribuição da Ativação Muscular (MVC)
sob a Tarefa C4RMN por Músculo
Ativação Muscular (MVC)
100
75
50
25
0
TSE ILE LGE MFE TSD ILD LGD MFD
Músculo
Distribuição da Ativação Muscular (MVC)
sob a Tarefa C4RDD por Músculo
Ativação Muscular (MVC)
100
75
50
25
0
TSE ILE LGE MFE TSD ILD LGD MFD
Músculo

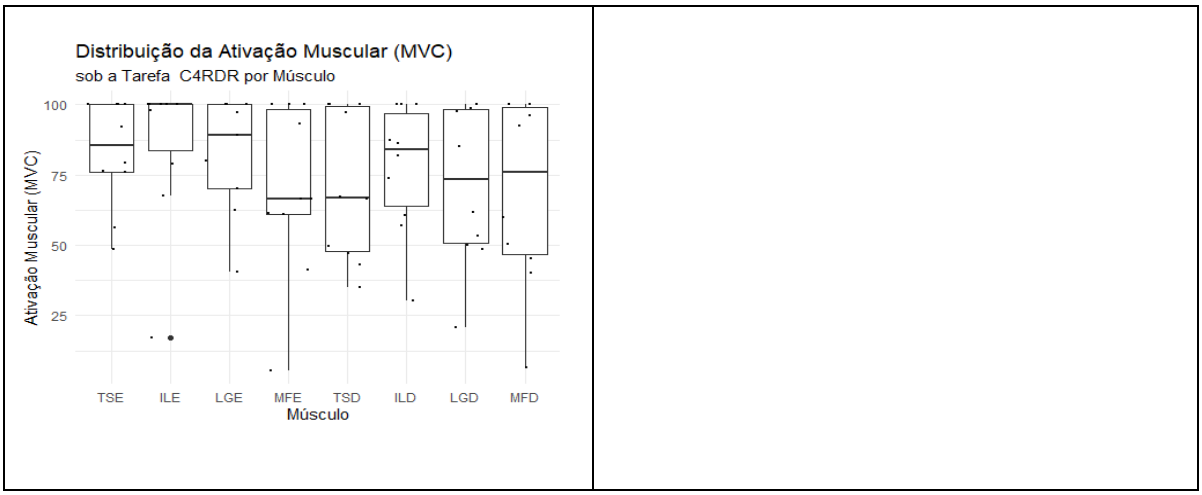


Figura 40. Distribuição da variável Ativação muscular (MVC) por Músculo.

Com base nos resultados apresentados na Figura 40, observa-se que, para as tarefas S5kg, S10kg, Balde, C4RMN, C4RDD e C4RDR, a maioria dos músculos apresentou valores medianos de ativação muscular superiores a 50%.

No entanto, para as tarefas C2RDR e C2RMN, uma das possíveis suspeitas com relação a uma diferença entre os níveis de ativação muscular (MVC) foi entre os Músculos TSE e TSD, pois, como pode ser visto na Figura 39, suas distribuições não se sobrepõem, mas esta suspeita será confirmada ou não através da aplicação do teste de Friedman, conforme será apresentado a seguir.

Na Tarefa S5kg, observa-se que os músculos TSE e ILD apresentaram valores de ativação muscular inferiores a 50%, enquanto os demais músculos demonstraram ativações superiores a esse patamar. Em relação às tarefas S10kg e Balde, as ativações musculares registradas foram superiores a 60%, resultado que também se verificou nas tarefas C4RMN, C4RDD e C4RDR.

Foi realizada uma ANOVA de Friedman com o objetivo de investigar em que medida os níveis de Ativação muscular (MVC) eram equivalentes entre os diversos tipos de Músculos.

A Hipótese Nula (H_0) estabelece que não há diferença significativa entre os níveis de ativação muscular, considerando que todos os músculos apresentam o mesmo comportamento. Já a Hipótese Alternativa (H_1) afirma que existe diferença significativa na ativação de pelo menos um músculo em relação aos demais. Para testar essas hipóteses, se o *p*-valor for inferior a 0,05, rejeita-se H_0 em favor de H_1, indicando diferenças estatisticamente significativas. Caso contrário (*p*-valor ≥ 0,05), não há evidências suficientes para rejeitar H_0.

O resultado não foi estatisticamente significativo, indicando que: as tarefas 5kg, S10kg, Balde, C4RDD, C4RDR, C4RMN e C2RDR, conforme a Tabela 38, não houve diferença entre os níveis de ativação muscular (MVC) dos músculos considerados.

Uma vez que não foram identificadas diferenças significativas entre os níveis de ativação muscular (MVC) dos músculos analisados, a aplicação de testes *post hoc* (comparações múltiplas), assim como o cálculo dos tamanhos de efeito, mostrou-se injustificada.

No entanto, para as tarefas C2RDD e C2RMN, o resultado foi estatisticamente significativo conforme Tabela 38, indicando que existe diferença entre pelo menos um dos níveis de Ativação muscular (MVC) correspondentes aos músculos observados no experimento.

Tabela 38. Teste de Friedman.

ID	Tarefa	Variável dependente (VD)	n	Estatística	*p*
1	S5kg	Ativação muscular (MVC)	10	$\chi^2(6) = 7.0614$	0.3152
2	S10kg	Ativação muscular (MVC)	10	$\chi^2(6) = 4.3426$	0.6304
3	Balde	Ativação muscular (MVC)	4	$\chi^2(5) = 1.0714$	0.9566
4	C4RDD	Ativação muscular (MVC)	10	$\chi^2(6) = 10.775$	0.0956
5	C4RDR	Ativação muscular (MVC)	10	$\chi^2(6) = 5.5673$	0.4734
6	C4RMN	Ativação muscular (MVC)	10	$\chi^2(6) = 4.4783$	0.6122
7	C2RDD	Ativação muscular (MVC)	10	$\chi^2(7) = 22.0769$	0.0025
8	C2RDR	Ativação muscular (MVC)	10	$\chi^2(6) = 11.7463$	0.0679
9	C2RMN	Ativação muscular (MVC)	10	$\chi^2(7) = 24.0971$	0.0011

O fato de haver diferença significativa na ativação muscular entre pelo menos um dos músculos não informa entre qual e ou quais músculos a diferença estatística existe e, portanto, faz-se necessário a aplicação de testes de comparações múltiplas, bem como a análise de tamanhos de efeito.

I. Testes *post-hoc* (comparações múltiplas) para a Tarefa C2RDD

a) Discussão sobre os Testes de Wilcoxon Signed Rank

Testes de Wilcoxon Signed Rank, a *posteriori*, demonstraram que não há diferença significativa (*ns: not significative*) entre quaisquer dos pares de Músculos, contrariando o resultado do teste de Friedman e que pode ter ocorrido por falta de poder dos testes, tendo em vista o pequeno tamanho amostral (Tabela 39). Por este motivo, mais três tipos de testes *post hoc* foram aplicados cujos resultados são analisados a partir das Tabela 40, Tabela 41 e Tabela 42.

Tabela 39. Testes de Wilcoxon Signed Rank, a *posteriori.*

Músculo 1	Músculo 2	n1	n2	Estatística	*p*	*p.adj*	*p.adj.signif*
TSE	ILE	10	10	11	0.193	1.000	ns
TSE	LGE	10	10	9	0.124	1.000	ns
TSE	MFE	10	10	11	0.105	1.000	ns
TSE	TSD	10	10	33	0.236	1.000	ns
TSE	ILD	10	10	5	0.044	1.000	ns
TSE	LGD	10	10	14	0.343	1.000	ns
TSE	MFD	10	10	5	0.044	1.000	ns
ILE	LGE	10	10	32	0.695	1.000	ns
ILE	MFE	10	10	14	0.343	1.000	ns
ILE	TSD	10	10	49	0.027	0.764	ns
ILE	ILD	10	10	22	0.624	1.000	ns
ILE	LGD	10	10	37	0.375	1.000	ns
ILE	MFD	10	10	28	1.000	1.000	ns
LGE	MFE	10	10	10	0.155	1.000	ns
LGE	TSD	10	10	54	0.004	0.109	ns
LGE	ILD	10	10	21	0.906	1.000	ns
LGE	LGD	10	10	24	0.906	1.000	ns
LGE	MFD	10	10	15	0.407	1.000	ns
MFE	TSD	10	10	55	0.002	0.055	ns
MFE	ILD	10	10	33	0.236	1.000	ns
MFE	LGD	10	10	42	0.160	1.000	ns
MFE	MFD	10	10	37	0.375	1.000	ns
TSD	ILD	10	10	1	0.004	0.109	ns
TSD	LGD	10	10	9	0.064	1.000	ns
TSD	MFD	10	10	2	0.006	0.164	ns

Músculo 1	Músculo 2	n1	n2	Estatística	*p*	*p.adj*	*p.adj.signif*
ILD	LGD	10	10	32	0.695	1.000	ns
ILD	MFD	10	10	27	1.000	1.000	ns
LGD	MFD	10	10	7	0.076	1.000	ns

b) Discussão sobre os Testes Dunn-Bonferroni

A partir das comparações apresentadas na Tabela 40, pode-se observar que há uma diferença significativa nos níveis de ativação muscular entre o Músculo TSD quando comparado aos Músculos ILE, MFE e MFD ($p < 0{,}05$) e, a partir da Tabela 43, observa-se que as diferenças apresentam tamanhos de efeito altos. De fato, pode-se verificar a partir da Tabela 44 que:

- A ativação muscular (MVC) mediana do músculo TSD (Md= 35,94, IQR=21,31) é bem menor que as ativações musculares (MVC) medianas correspondentes aos músculos ILE, MFE e MFD; lembrando sempre que estes resultados se restringem à observação do comportamento da ativação muscular sob a tarefa C2RDD.

(a) Siegel-Castellan all-pairs test for a two-way - balanced complete block design.

Tabela 40. Testes Dunn-Bonferroni.

	TSE	ILE	LGE	MFE	TSD	ILD	LGD
ILE	1.0000	NA	NA	NA	NA	NA	NA
LGE	1.0000	1.0000	NA	NA	NA	NA	NA
MFE	0.1983	1.0000	1.0000	NA	NA	NA	NA
TSD	1.0000	0.0458	0.3839	0.0035	NA	NA	NA
ILD	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.1728	NA	NA
LGD	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1	NA
MFD	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0391	1	1

c) Discussão sobre os Testes Nemenyi-Wilcoxon-Wilcox all-pairs test for a two-way

A partir da Tabela 41 pode-se observar resultados análogos aos obtidos na seção anterior e, portanto, com as mesmas interpretações práticas.

(a) Balanced complete block design.

Tabela 41.Nemenyi-Wilcoxon-Wilcox all-pairs test for a two-way.

	TSE	ILE	LGE	MFE	TSD	ILD	LGD
ILE	0.4761	NA	NA	NA	NA	NA	NA
LGE	0.8901	0.9974	NA	NA	NA	NA	NA
MFE	0.1246	0.9974	0.8713	NA	NA	NA	NA
TSD	0.9478	0.0350	0.2107	0.0032	NA	NA	NA
ILD	0.7521	0.9999	1.0000	0.9580	0.1111	NA	NA
LGD	0.9800	0.9667	1.0000	0.6645	0.4150	0.9983	NA
MFD	0.4452	1.0000	0.9961	0.9983	0.0304	0.9998	0.958

d) Discussão sobre os Testes Conover's all-pairs test for a two-way

Finalmente, a partir da Tabela 42, percebe-se a obtenção de resultados análogos aos dos testes *post-hoc* das duas últimas subseções.

(a) Balanced complete block design.

Tabela 42.*Conover's all-pairs test for a two-way.*

	TSE	ILE	LGE	MFE	TSD	ILD	LGD
ILE	0.6415	NA	NA	NA	NA	NA	NA
LGE	1.0000	1.0000	NA	NA	NA	NA	NA
MFE	0.0748	1.0000	1.0000	NA	NA	NA	NA
TSD	1.0000	0.0146	0.1598	0.001	NA	NA	NA
ILD	1.0000	1.0000	1.0000	1.000	0.0640	NA	NA
LGD	1.0000	1.0000	1.0000	1.000	0.4929	1	NA
MFD	0.5628	1.0000	1.0000	1.000	0.0123	1	1

e) Tamanhos de efeito e Interpretações práticas

Na seção anterior foram aplicados vários tipos de testes *post hoc* que tiveram por principal objetivo identificar entre os quais músculos (2 a 2) existe diferença estatística significativa com relação aos níveis de ativação muscular (AVC). Os resultados evidenciaram diferenças significativas entre o músculo TSD quando comparado aos músculos ILE, MFE e MFD.

Como análise complementar, observa-se a partir da Tabela 43 os resultados com relação aos vários tamanhos de efeito das diferenças entre os níveis de ativação muscular (MVC) dos músculos dois a dois. Dentre todos os 28 tamanhos de efeitos, 11 revelaram-se ser de intensidade alta.

Abaixo estão descritos os resultados quanto aos níveis de ativação muscular (MVC) mediano (ver Tabela 43) para os quais os tamanhos de efeito obtidos foram altos; lembrando que o comportamento da ativação muscular observado aqui é com relação à tarefa C2RDD.

- *ID 1*: MFE tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=81,21, IQR=29,15; r=0,89) maior que TSD (Md=35,94, IQR=21,31);
- *ID 2*: LGE tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=61,24, IQR=33,32; r=0,85) maior que TSD (Md=35,94, IQR=21,31);
- *ID 3*: TSD tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=35,94, IQR=21,31; r=0,85) menor que ILD (Md= 66,63, IQR=48,58);
- *ID 4*: TSD tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=35,94, IQR=21,31; r=0,82) menor que MFD (Md= 71,84, IQR=32,87);
- *ID 5*: ILE tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=76,79, IQR=49,84; r=0,69) maior que TSD (Md= 35,94, IQR=21,31);
- *ID 6*: TSE tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=45,41, IQR=19,26; r=0,65) menor que ILD (Md= 66,63, IQR=48,58);
- *ID 7*: TSE tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=45,41, IQR=19,26; r=0,65) menor que MFD (Md= 71,84, IQR=32,87);
- *ID 8*: LGD tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=58,33, IQR=31,20; r=0,61) menor que MFD (Md= 71,84, IQR=32,87);
- *ID 9*: TSD tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=35,94, IQR=21,31; r=0,60) menor que LGD (Md= 58,33, IQR=31,20);
- *ID 10*: TSE tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=45,41, IQR=19,26; r=0,53) menor que MFE (Md= 81,21, IQR=29,15);

- *ID 11*: LGE tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=61,24, IQR=33,32; r=0,52) maior que TSE (Md=45,41, IQR=19,26);

As comparações que resultaram no tamanho de efeito alto com as respectivas interpretações apresentadas acima podem ser obtidas a partir das Tabela 43 e Tabela 44.

Por fim, a Figura 41 trata da Distribuição da variável Ativação muscular (MVC) por Músculo, observando-se somente a tarefa C2RDD e representa uma melhor exposição dos resultados obtidos até o momento.

Tabela 43. Tamanhos de efeito entres os Músculos, considerando o músculo TSD.

ID	Músculo 1	Músculo 2	Tamanho de efeito (r)	n1	n2	Magnitude
1	MFE	TSD	0.89	10	10	Alta
2	LGE	TSD	0.85	10	10	Alta
3	TSD	ILD	0.85	10	10	Alta
4	TSD	MFD	0.82	10	10	Alta
5	ILE	TSD	0.69	10	10	Alta
6	TSE	ILD	0.65	10	10	Alta
7	TSE	MFD	0.65	10	10	Alta
8	LGD	MFD	0.61	10	10	Alta
9	TSD	LGD	0.60	10	10	Alta
10	TSE	MFE	0.53	10	10	Alta
11	TSE	LGE	0.52	10	10	Alta
12	LGE	MFE	0.48	10	10	Moderada
13	MFE	LGD	0.47	10	10	Moderada
14	TSE	ILE	0.45	10	10	Moderada
15	MFE	ILD	0.39	10	10	Moderada
16	TSE	TSD	0.36	10	10	Moderada
17	ILE	MFE	0.32	10	10	Moderada
18	ILE	LGD	0.31	10	10	Moderada
19	MFE	MFD	0.31	10	10	Moderada
20	TSE	LGD	0.29	10	10	Pequena
21	LGE	MFD	0.26	10	10	Pequena
22	ILE	ILD	0.19	10	10	Pequena
23	ILE	LGE	0.15	10	10	Pequena
24	ILD	LGD	0.15	10	10	Pequena
25	LGE	ILD	0.06	10	10	Pequena
26	LGE	LGD	0.03	10	10	Pequena
27	ILE	MFD	0.02	10	10	Pequena

ID	Músculo 1	Músculo 2	Tamanho de efeito (r)	n1	n2	Magnitude
28	ILD	MFD	0.02	10	10	Pequena

Tabela 44.Medianas (Md) e intervalos interquartílicos (IQR) por Músculo.

Músculo	n	Md	IQR
TSE	10	45.41	19.26
ILE	10	76.79	49.84
LGE	10	61.24	33.32
MFE	10	81.21	29.15
TSD	10	35.94	21.31
ILD	10	66.63	48.58
LGD	10	58.33	31.20
MFD	10	71.84	32.87

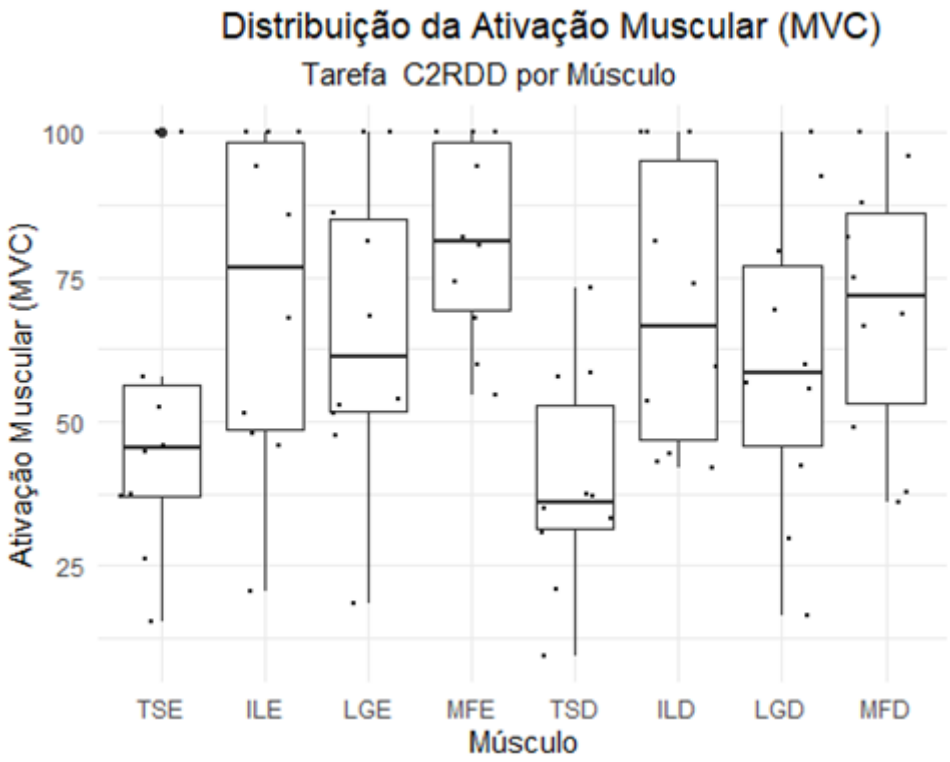


Figura 41.Distribuição da variável ativação muscular (MVC) por Músculo, observando-se somente a tarefa C2RDD.

De um modo geral, para a Tarefa 7 - Contentor de 2 rodas, 120 L, 20 Kg com Desnível por degrau (C2RDD), após realizar o teste de Friedman, as comparações múltiplas e as análises e interpretações a

partir dos tamanhos de efeito e valores medianos da Ativação muscular (MVC) dos 8 músculos, foi possível verificar que os músculos TSE e TSD tendem a apresentar os menores níveis de ativação muscular. Em particular o músculo TSD apresenta nível de ativação muscular bem menor ou menor que os níveis correspondentes aos músculos MFE, LGE, ILD, MFD, ILE e LGD (ver Tabela 44 e Figura 41).

Observa-se, ainda, que os maiores níveis de ativação muscular tendem a ser os correspondentes aos músculos MFE, ILE, MFD e ILD (ver Tabela 44 e Figura 41), lembrando que este resultado é observado sob a realização da tarefa C2RDD.

II. Testes post-hoc (comparações múltiplas) para a Tarefa C2RMN

a) Discussão sobre os Testes de Wilcoxon Signed Rank

Testes de Wilcoxon Signed Rank, a *posteriori*, demonstraram que não há diferença significativa (ns: *not significative*) entre quaisquer dos pares de músculos, contrariando o resultado do teste de Friedman e que pode ter ocorrido por falta de poder dos testes, tendo em vista o pequeno tamanho amostral (Tabela 45). Por este motivo, mais três tipos de testes *post hoc* foram aplicados cujos resultados são analisados a partir das Tabelas 46, 47 e 48.

Tabela 45.Testes de Wilcoxon Signed Rank, a posteriori.

Músculo 1	Músculo 2	n1	n2	Estatística	p	p.adj	p.adj.signif
TSE	ILE	10	10	1	0.004	0.109	ns
TSE	LGE	10	10	16	0.275	1.000	ns
TSE	MFE	10	10	8	0.049	1.000	ns
TSE	TSD	10	10	37	0.375	1.000	ns
TSE	ILD	10	10	12	0.131	1.000	ns
TSE	LGD	10	10	22	0.625	1.000	ns
TSE	MFD	10	10	15	0.232	1.000	ns
ILE	LGE	10	10	33	0.236	1.000	ns
ILE	MFE	10	10	26	0.722	1.000	ns
ILE	TSD	10	10	45	0.009	0.256	ns
ILE	ILD	10	10	36	0.124	1.000	ns
ILE	LGD	10	10	48	0.037	1.000	ns
ILE	MFD	10	10	48	0.037	1.000	ns
LGE	MFE	10	10	17	0.322	1.000	ns

Músculo 1	Músculo 2	n1	n2	Estatística	p	p.adj	p.adj.signif
LGE	TSD	10	10	49	0.027	0.764	ns
LGE	ILD	10	10	22	0.625	1.000	ns
LGE	LGD	10	10	35	0.492	1.000	ns
LGE	MFD	10	10	25	0.846	1.000	ns
MFE	TSD	10	10	45	0.009	0.256	ns
MFE	ILD	10	10	39	0.275	1.000	ns
MFE	LGD	10	10	46	0.064	1.000	ns
MFE	MFD	10	10	43	0.131	1.000	ns
TSD	ILD	10	10	2	0.006	0.164	ns
TSD	LGD	10	10	10	0.084	1.000	ns
TSD	MFD	10	10	3	0.010	0.274	ns
ILD	LGD	10	10	45	0.084	1.000	ns
ILD	MFD	10	10	40	0.232	1.000	ns
LGD	MFD	10	10	18	0.375	1.000	ns

b) Discussão sobre os Testes Dunn-Bonferroni

A partir das comparações apresentadas na Tabela 46, pode-se observar que há uma diferença significativa nos níveis de ativação muscular entre o Músculo TSD quando comparado aos Músculos ILE, MFE e ILD ($p < 0{,}05$) e, a partir da Tabela 49, observa-se que as diferenças apresentam tamanhos de efeito altos. De fato, pode-se verificar a partir da Tabela 50 que:

- A ativação muscular (MVC) mediana do músculo TSD (Md= 29,80, IQR=12,05) é bem menor que as ativações musculares (MVC) medianas correspondentes aos músculos ILE, MFE e ILD; lembrando sempre que estes resultados se restringem à observação do comportamento da ativação muscular sob a tarefa C2RMN.

(a) Siegel-Castellan all-pairs test for a two-way - balanced complete block design.

Tabela 46.Testes Dunn-Bonferroni.

	TSE	ILE	LGE	MFE	TSD	ILD	LGD
ILE	0.2964	NA	NA	NA	NA	NA	NA
LGE	1.0000	1.0000	NA	NA	NA	NA	NA
MFE	1.0000	1.0000	1.0000	NA	NA	NA	NA

	TSE	ILE	LGE	MFE	TSD	ILD	LGD
TSD	1.0000	0.0011	0.4356	0.0073	NA	NA	NA
ILD	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0458	NA	NA
LGD	1.0000	0.4934	1.0000	1.0000	1.0000	1	NA
MFD	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.4934	1	1

c) Discussão sobre os Testes *Nemenyi-Wilcoxon-Wilcox all-pairs test for a two-way*

A partir da Tabela 47 pode-se observar resultados análogos aos obtidos na seção anterior e, portanto, com as mesmas interpretações práticas.

(a) Balanced complete block design.

Tabela 47.*Nemenyi-Wilcoxon-Wilcox all-pairs test for a two-way.*

	TSE	ILE	LGE	MFE	TSD	ILD	LGD
ILE	0.1723	NA	NA	NA	NA	NA	NA
LGE	0.9889	0.6947	NA	NA	NA	NA	NA
MFE	0.4150	0.9998	0.9224	NA	NA	NA	NA
TSD	0.7789	0.0010	0.2319	0.0064	NA	NA	NA
ILD	0.7521	0.9800	0.9961	0.9997	0.0350	NA	NA
LGD	1.0000	0.2544	0.9974	0.5390	0.6645	0.8507	NA
MFD	0.9920	0.6645	1.0000	0.9072	0.2544	0.9943	0.9983

b) Discussão sobre os Testes Conover's all-pairs test for a two-way

Finalmente, a partir da Tabela 48, percebe-se a obtenção de resultados análogos aos dos testes *post-hoc* das duas última subseções.

(a) Balanced complete block design.

Tabela 48.Conover's all-pairs test for a two-way.

	TSE	ILE	LGE	MFE	TSD	ILD	LGD
ILE	0.1066	NA	NA	NA	NA	NA	NA
LGE	1.0000	1.0000	NA	NA	NA	NA	NA
MFE	0.4561	1.0000	1.0000	NA	NA	NA	NA

	TSE	ILE	LGE	MFE	TSD	ILD	LGD
TSD	1.0000	0.0003	0.1679	0.0017	NA	NA	NA
ILD	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0126	NA	NA
LGD	1.0000	0.1947	1.0000	0.7753	1.0000	1	NA
MFD	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.1947	1	1

Tamanhos de efeito e Interpretações práticas

Na seção anterior foram aplicados vários tipos de testes *post hoc* que tiveram por principal objetivo identificar sobre quais músculos (2 a 2) existe diferença estatística significativa com relação aos níveis da ativação muscular (AVC). Como pôde ser verificado, os dados evidenciaram diferenças significativas entre o Músculo TSD quando comparado aos Músculos ILE, MFE e ILD.

Como análise complementar, observa-se a partir da Tabela 49 os resultados com relação aos vários tamanhos de efeito das diferenças entre os níveis de ativação muscular (MVC) dos músculos dois a dois. Dentre todos os 28 tamanhos de efeitos, 12 revelaram-se ser de intensidade alta.

Abaixo estão descritos os resultados quanto aos níveis de ativação muscular (MVC) mediano (ver Tabela 48) para os quais os tamanhos de efeito obtidos foram altos; lembrando que o comportamento da ativação muscular observado aqui é com relação à tarefa C2RMN.

- *ID 1*: ILE tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=86,53, IQR=46,65; r=0,87) maior que TSD (Md=29,8, IQR=12,05);
- *ID 2*: MFE tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=80,47, IQR=47,09; r=0,87) maior que TSD (Md=29,8, IQR=12,05);
- *ID 3*: ILE tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=86,53, IQR=46,65; r=0,85) maior que TSE (Md=27,26, IQR=32,25);
- *ID 4*: TSD tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=29,8, IQR=12,05; r=0,82) menor que ILD (Md=55,57, IQR=37,74);
- *ID 5*: TSD tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=29,8, IQR=12,05; r=0,79) menor que MFD (Md=52,75, IQR=23,77);

- *ID 6*: LGE tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=53,18, IQR=31,83; r=0,69) maior que TSD (Md=29,8, IQR=12,05);

- *ID 7*: ILE tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=86,53, IQR=46,65; r=0,66) maior que LGD (Md=41,42, IQR=27,43);

- *ID 8*: ILE tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=86,53, IQR=46,65; r=0,66) maior que MFD (Md=52,75, IQR=23,77);

- *ID 9*: TSE tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=27,26, IQR=32,25; r=0,63) menor que MFE (Md=80,47, IQR=47,09);

- *ID 10*: MFE tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=80,47, IQR=47,09; r=0,60) maior que LGD (Md=41,42, IQR=27,43);

- *ID 11*: TSD tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=29,80, IQR=12,05; r=0,56) menor que LGD (Md=41,42, IQR=27,43);

- *ID 12*: ILD tende apresentar Ativação muscular (MVC) mediano (Md=55,57, IQR=37,74; r=0,56) maior que LGD (Md=41,42, IQR=27,44);

As comparações que resultaram no tamanho de efeito alto com as respectivas interpretações apresentadas acima, podem ser obtidas a partir das Tabela 49 e Tabela 50.

Por fim, a Figura 42 trata da distribuição da variável ativação muscular (MVC) por Músculo, observando-se somente a tarefa C2RMN, representa uma melhor exposição dos resultados obtidos até o momento.

Tabela 49.Tamanhos de efeito entres os Músculos, considerando o músculo TSD.

ID	Músculo 1	Músculo 2	Tamanho de efeito (r)	n1	n2	Magnitude
1	ILE	TSD	0.87	10	10	Alta
2	MFE	TSD	0.87	10	10	Alta
3	TSE	ILE	0.85	10	10	Alta
4	TSD	ILD	0.82	10	10	Alta
5	TSD	MFD	0.79	10	10	Alta
6	LGE	TSD	0.69	10	10	Alta
7	ILE	LGD	0.66	10	10	Alta
8	ILE	MFD	0.66	10	10	Alta

ID	Músculo 1	Músculo 2	Tamanho de efeito (r)	n1	n2	Magnitude
9	TSE	MFE	0.63	10	10	Alta
10	MFE	LGD	0.60	10	10	Alta
11	TSD	LGD	0.56	10	10	Alta
12	ILD	LGD	0.56	10	10	Alta
13	TSE	ILD	0.50	10	10	Moderada
14	MFE	MFD	0.50	10	10	Moderada
15	ILE	ILD	0.48	10	10	Moderada
16	ILE	LGE	0.42	10	10	Moderada
17	TSE	MFD	0.40	10	10	Moderada
18	ILD	MFD	0.40	10	10	Moderada
19	TSE	LGE	0.37	10	10	Moderada
20	MFE	ILD	0.37	10	10	Moderada
21	LGE	MFE	0.34	10	10	Moderada
22	TSE	TSD	0.31	10	10	Moderada
23	LGD	MFD	0.31	10	10	Moderada
24	LGE	LGD	0.24	10	10	Pequena
25	TSE	LGD	0.18	10	10	Pequena
26	LGE	ILD	0.18	10	10	Pequena
27	ILE	MFE	0.13	10	10	Pequena
28	LGE	MFD	0.08	10	10	Pequena

b) Descritivas para o Teste de Friedman

Tabela 50. Medianas (Md) e intervalos interquartílicos (IQR) por Músculo.

Músculo	n	Md	IQR
TSE	10	27.26	32.25
ILE	10	86.53	46.65
LGE	10	53.18	31.83
MFE	10	80.47	47.09
TSD	10	29.80	12.05
ILD	10	55.57	37.74
LGD	10	41.42	27.43
MFD	10	52.75	23.77

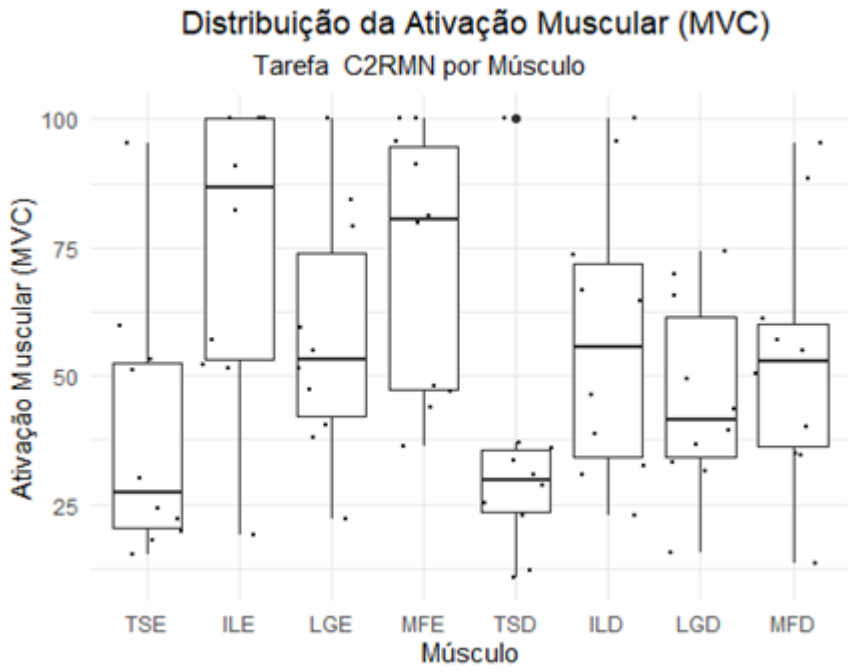


Figura 42.Distribuição da variável Ativação muscular (MVC) por Músculo, observando-se somente a tarefa C2RMN.

De um modo geral, para a Tarefa 9 - Contentor de 2 rodas, 120 L, 20 Kg ao mesmo nível (C2RMN) após realizar o teste de Friedman, as comparações múltiplas e as análises e interpretações a partir dos tamanhos de efeito e valores medianos de ativação muscular (MVC) dos 8 músculos, foi possível verificar que os músculos TSE e TSD tendem a apresentar os menores níveis de ativação muscular (ver Tabela 50 e Figura 42).

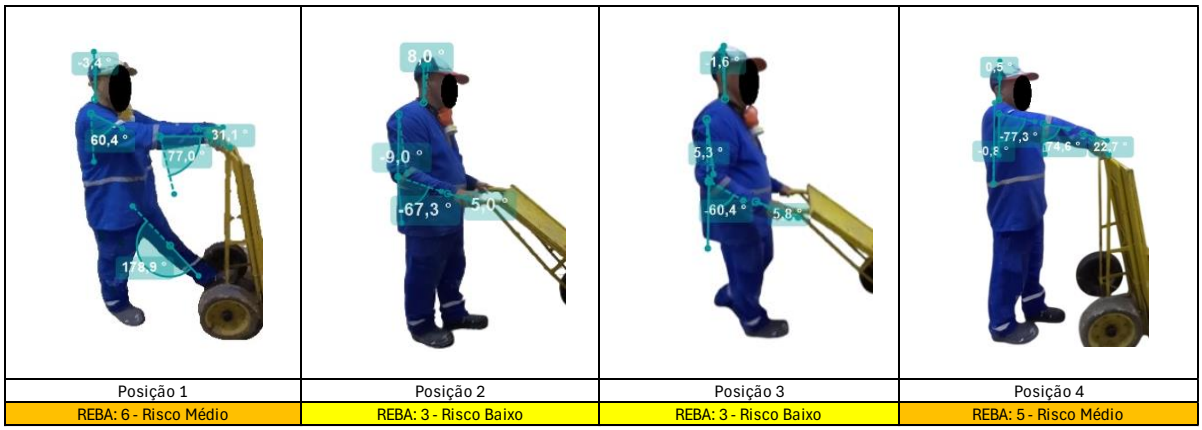
Observa-se, ainda, que os maiores níveis de ativação muscular tendem a ser os correspondentes aos músculos ILE, MFE, ILD, LGE e MFD (ver Tabela 50 e Figura 42), lembrando que este resultado é observado sob a realização da tarefa C2RMN.

Considerando os resultados da EMG, considera-se que a tarefa com contentores de duas rodas com mesmo nível (C2RMN) e em desnível por degrau (C2RDD), os músculos do trapézio superior esquerdo e direito tendem a apresentar os menores níveis de ativação muscular e os maiores níveis de ativação muscular tendem a ser os correspondentes aos músculos ILE, MFE, ILD, LGE e MFD para C2RMN e MFE, ILE, MFD e ILD para C2RDD.

Durante o estudo, foi observado que os trabalhadores frequentemente realizam a movimentação dos contentores de duas rodas puxando-os com apenas uma mão, caminhando para a frente em vez de para trás. Considerando os princípios ergonômicos, a ação de empurrar o contentor tende a reduzir a

influência da carga mecânica e, consequentemente, atenuar o risco de lesões. No entanto, destaca-se que o design do equipamento deveria favorecer a utilização da ação de empurrar em detrimento da de puxar, de modo a promover maior segurança e menor exigência biomecânica para os trabalhadores.

Portanto, foi proposta a análise postural da tarefa de empurrar carro armazém para cargas com altura de 107 cm, largura de 20 cm e profundidade 34 cm, como mostra a Figura 43. O risco foi considerado baixo durante a movimentação de carga (Posição 2 e 3) e médio no momento inicial e final (Posição 1 e 4). Na fase inicial foi aplicada maior força nas articulações dos ombros sendo necessário um empurrão com pés para garantir a inclinação e movimentação da carga. Na fase final, os braços e punhos ficam flexionados.



Posição 1	Posição 2	Posição 3	Posição 4
REBA: 6 - Risco Médio	REBA: 3 - Risco Baixo	REBA: 3 - Risco Baixo	REBA: 5 - Risco Médio

Figura 43.análise postural da tarefa de empurrar carro armazém para cargas

Considerando os constrangimentos musculares na coleta com contentores de duas rodas na tarefa de empurrar e puxar, Kingma, et al. (2003) propuseram a alteração do centro de massa e da altura da pega, pois consideraram que o design de um contentor de duas rodas, pode ter um efeito importante no risco de desenvolvimento de LMERT por sobrecarga mecânica.

Os autores acreditavam que a forma como se empurra ou puxa objetos, como barras fixas, carrinhos de quatro rodas ou contentores de duas rodas, influencia diretamente a carga mecânica exercida sobre as articulações do ombro e da coluna lombossacral. No caso de carrinhos de quatro rodas, é possível ajustar a direção da força aplicada, combinando forças horizontais e verticais. Essa combinação pode reduzir o esforço nas articulações, já que a força vertical gera um efeito que diminui a carga mecânica em oposição ao movimento.

No entanto, os contentores de duas rodas apresentam maior instabilidade durante o empurrão ou puxão. Nesses casos, a força aplicada nas pegas não pode ser ajustada livremente, pois qualquer mudança

altera imediatamente o ângulo de inclinação do contentor. Essa limitação impede a aplicação de forças que poderiam minimizar o impacto nas articulações.

Ao final do trabalho, Kingma, et al., (2003) concluíram que: a) o aumento de mais de 0,1 m na altura da alça fez com que os participantes baixos inclinassem bastante o recipiente, resultando em um aumento da carga nas articulações para esses indivíduos; b) a localização do Centro de Massa teve pouca influência no ângulo de inclinação do contentor, e os participantes não ajustaram significativamente seus movimentos quando o equilíbrio mecânico mudou.

Fatores como a altura corporal dos participantes, o método de manuseio, como puxar em vez de empurrar e a condição do terreno podem influenciar na diretamente a carga mecânica exercida sobre as articulações do ombro e da coluna.

4.7 Discussão

O estudo da prevalência de LMERT é essencial em qualquer atividade, pois permite compreender a tarefa, identificar o risco, introduzir melhorias na atividade e consequentemente reduzir a exposição do trabalhador ao fator de risco de LMERT. No entanto, este estudo limitou-se a analisar a prevalência de LMERT em três concelhos da região norte de Portugal.

Por se tratar de um estudo de caso realizado em 3 municípios, a amostra de 54 sujeitos foi determinada por conveniência, embora não seja representativa dos 308 municípios que compõem o país. Comparada com as amostras de estudos anteriores, por exemplo, 44 (Do Nascimento Júnior & Da Costa Santos Pessoa, 2012) e 42 (Poonkasem et al., 2022) parece adequada em termos de dimensão. A expansão da amostra para outros municípios do país é uma oportunidade para trabalhos futuros.

No presente estudo, 85,2% dos participantes relataram sintomas de dor e desconforto em uma ou mais partes do corpo nos últimos 12 meses. Da mesma forma, estudos anteriores que utilizaram o NQM em atividades de coleta de resíduos sólidos relataram uma prevalência de sintomas musculoesqueléticos de 89,1% (Bulduk, 2019), 92,5% (Ziaei et al., 2018), 45% (Mehrdad et al., 2008) e 60,8% (Abou-ElWafa et al., 2012) nos últimos 12 meses.

As regiões do corpo com as taxas de prevalência mais elevadas foram a região lombar (65%), seguida dos ombros (63%) e dos joelhos (23%). Estudos anteriores mostraram que os trabalhadores da coleta de resíduos sólidos relatam frequentemente queixas na região lombar com 73,4% (Bulduk, 2019), 54,5% (Poonkasem et al., 2022), 38% (Do Nascimento Júnior & Da Costa Santos Pessoa, 2012) 22,5% (Abou-

ElWafa et al, 2012); nos ombros com 18,8% Nascimento, 80,9% (Bulduk, 2019), 15,8% (Abou-ElWafa et al., 2012); e joelhos com 25% (Do Nascimento Júnior & Da Costa Santos Pessoa, 2012), 6,7% (Abou-ElWafa et al., 2012).

De acordo com a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (*EU-OSHA*), 60% da população europeia apresentava queixas de LMERT e 16% relataram queixas na região lombar. A percentagem de trabalhadores que reportaram uma ou mais queixas de LMERT em 2015 em Portugal foi de 54%. Isto significa que a prevalência de LMERT nos trabalhadores dos resíduos sólidos urbanos é cerca de 50% superior à da população europeia, e as queixas na região lombar são cerca de quatro vezes superiores às da população europeia.

As variáveis idade, IMC e tempo de experiência não apresentaram associação estatisticamente significativa com a ocorrência de LMERT. Num estudo realizado no Egito (Abou-ElWafa et al., 2012), não foi encontrada associação entre as variáveis idade e IMC e a ocorrência de lesões musculoesqueléticas, mas foi encontrada significância com o tempo de experiência. Participaram neste estudo 160 trabalhadores. Fatores de risco como anos de trabalho e alcoolismo foram considerados significativos para a ocorrência de LMERT (Salve et al., 2020).

Ao longo dos anos, os avanços tecnológicos na coleta de resíduos têm vindo a reduzir cada vez mais a coleta manual de sacos porta-a-porta. No entanto, nos municípios investigados, a coleta porta-a-porta ainda é predominante. Sobretudo nas zonas periféricas do município de Guimarães e em todo o município Fafe. A estratégia de coleta predominante no município Felgueiras é a utilização de contentores de 4 rodas. Esse cenário justifica a taxa de prevalência de LMERT nos sujeitos investigados, uma vez que a coleta de sacos porta-a- porta exige uma carga maior de esforço físico (Battini et al., 2018; Botti et al., 2020).

A carga cardiovascular (CCV) encontrada através do monitoramento da FC foi classificada como moderadamente pesada e pesada em 17,6% dos trabalhadores. O esforço físico realizado pelos cantoneiros de coleta é comparável ao esforço exigido das atividades de coveiro e marceneiro (Fiedler et al., 2012).

Em estudo realizado na atividade de implantação florestal em áreas declivosas Fiedler et al. (2012), constataram que as atividades de enchimento de covas e roçada manual foram classificadas como moderadamente pesadas, com frequência cardíaca média no trabalho de 124 bpm e 118 bpm e carga

cardiovascular de 44% e 42%, respectivamente. A atividade de coveamento manual, foi considerada pesada, com FCM 125 bpm e CCV acima de 40%.

A carga física de trabalho dos operadores em marcenarias também foi estudada por Fiedler et al. (2007). Neste estudo os autores identificaram que todas as atividades foram consideradas moderadamente pesadas. Tais trabalhadores executam a tarefa com uso de serra circular, desempenadeira, traçador, lixadeira e outras. A CCV ultrapassou o limite de 40%. É importante ressaltar que nestes estudos a CCV representa a porcentagem de frequência cardíaca em relação à frequência cardíaca máxima admitida para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias.

Os resultados demonstram que a classificação das atividades em moderadamente pesadas e pesadas, com base na CCV e na frequência cardíaca média, proporciona uma visão compreensiva do esforço físico exigido em cada tipo de trabalho. Embora as atividades sejam diferentes, os resultados corroboram que tarefas mais intensas resultam em maior esforço cardiovascular.

Outro aspecto observado foi a condição do trabalho realizado em terrenos declivosos. Os estudos realizados por Fiedler et al. (2012) e Minette et al. (2015) apontam que este fator pode contribuir para o aumento da carga física de trabalho, uma vez que os terrenos declivosos intensificam o desgaste físico dos trabalhadores, tornando-se o deslocamento nessas áreas mais exaustivo e perigoso, contribuindo para uma maior sobrecarga física e metabólica. Além disso, a exposição às condições ambientais desfavoráveis, como a temperatura e a topografia, também influencia na exigência física do trabalho. Nesse estudo, percebeu-se um aumento na média da FC quando a atividade é realizada em terrenos declivosos.

Com base na aplicação da escala de Borg, as tarefas de levantamento, transporte e lançamento de sacos, bem como o empurrar contentores de 1000 L, foram as que geraram o maior número de queixas entre os trabalhadores. Embora a movimentação dos contentores seja auxiliada por caminhão, fatores como as condições do terreno, os desníveis e o peso dos contentores contribuem significativamente para o esforço físico exigido.

O resultado do REBA apresentou risco alto e muito alto para todas as tarefas de coleta de resíduos com os mais variados tipos de equipamentos. Esse resultado é refletido no estudo realizado por Poonkasem et al. (2022), onde a partir da avaliação ergonômica de 42 profissionais de coleta, 64,28% (27) dos coletores de resíduos sólidos urbanos estavam em risco moderado e 35,72% (15) deles estavam em risco alto.

No presente estudo, as regiões corporais mais solicitadas durante a execução das tarefas foram os ombros e o tronco, resultado que corrobora os achados de Poonkasem et al. (2022), que destacaram a região lombar e os ombros como áreas de maior exigência física.

No que tange a EMG, o estudo realizado por Netto et al. (2022), analisaram a Máxima Contração Isométrica Voluntária dos músculos do punho, pescoço e ombros de oito profissionais envolvidos na coleta mecanizada de resíduos. A pesquisa avaliou três subtarefas específicas: condução, recolhimento de contentores e manobras de saída e acesso ao caminhão. Os autores identificaram baixos níveis de ativação muscular na atividade de condução e coleta de resíduos. Durante a coleta do lixo com contentores foram registrados níveis de ativação média nos ombros e no punho de aproximadamente 10%; e no pescoço menor que 10%**.** Os resultados diferem daqueles observados no estudo atual, provavelmente devido às diferenças na execução da tarefa, que, neste caso, é automatizada.

No presente estudo, a coleta mecanizada de resíduos realizada com contentores de quatro rodas não evidenciou correlação estatística significativa entre a atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos investigados. Contudo, é importante salientar que as tarefas C4RMN, C4RDD e C4RDR apresentaram níveis de ativação muscular superiores a 60%, valor classificado como nível 3 de Intensidade de Esforço, de acordo com Bernard (2012), o que corresponde a um esforço considerado forte.

A atividade de coleta com contentores de lixo foi estudada por Silva et al. (2020). Os autores avaliaram os músculos do Trapézio Superior Esquerdo e Direito e Multífido Esquerdo e Direito em 3 trabalhadores representados pelos percentis antropométricos 5°, 50° e 95°. Os resultados mostraram que o percentil 5° e 95°, apresentaram uma tendência de queda nos valores de Frequência Mediana para o Trapézio Superior Esquerdo e o percentil 50° não mostrou tendência de queda nos valores de Frequência Mediana.

O que corrobora com esse estudo, uma vez que os músculos do trapézio superior esquerdo e direito tendem a apresentar os menores níveis de ativação muscular nas tarefas com contentores de duas rodas com mesmo nível (C2RMN) e em desnível por degrau (C2RDD), porém registrou os maiores níveis de ativação muscular no ILE, MFE, ILD, LGE e MFD para C2RMN; e MFE, ILE, MFD e ILD para C2RDD. Fatores como o design do equipamento e o método de movimentação do contentor, tais como puxar e empurrar, podem contribuir com o aumento dos níveis de ativação muscular.

Ressalta-se que na Tarefa S5kg o Trapézio Superior Esquerdo apresentou ativação muscular abaixo de 50%, classificadas no nível 2 de Intensidade de Esforço, conforme Bernard (2012), o que é considerado como esforço moderado.

A EMG revelou que, nas tarefas S10kg e Balde, as ativações musculares ultrapassaram 60%, sendo classificadas no nível 3 de Intensidade de Esforço, conforme Bernard (2012), o que é considerado como esforço forte. Em ambas as tarefas, os trabalhadores precisam levantar cargas, o que contribui para o aumento da exigência muscular. A Tabela 51 sintetiza os resultados encontrados no estudo e discussão.

Tabela 51.Resumo dos resultados e discussão.

Método	Resultados	Referências	Autor (ano)
Questionário NMQ (12 meses)	85,2%	89,1% ; 92,5%; 60,8%	Bulduk (2019); Ziaei et al. (2018); (Abou-ElWafa et al. (2012)
Região corporal	lombar (65%), ombros (63%) e joelhos (23%)	lombar (73,4; 54,5%), ombros(18,8%; 15,8%) e joelhos (25%; 6,7%)	Bulduk (2019); Poonkasem et al., (2022);Abou-ElWafa et al. (2012)
Escala de Borg	esforço moderado	esforço moderado	Çakit (2015)
Carga cardiovascular (CCV)	moderadamente pesada e pesada	moderadamente pesada	Fiedler et al. (2012)
REBA	risco alto ou muito alto	risco moderado (64,28%) e risco alto (35,72%)	Poonkasem et al. (2022)
EMG	ativações musculares superiores a 60%; TS Bilateral com baixos níveis de ativação muscular - C2RMN e C2RDD	baixos níveis de ativação muscular; TS Bilateral com baixos níveis de ativação muscular - contentor 2 rodas	Netto et al. (2022);Silva et al. (2020)

Todos os métodos (NMQ, escala de Borg, REBA, CCV e EMG) indicam que os trabalhadores da coleta de resíduos urbanos estão expostos a sobrecarga física relevante, com maior impacto na lombar e nos ombros.

Enquanto o NMQ fornece a percepção subjetiva de desconforto, a carga cardiovascular e a escala de Borg adicionam informações sobre o esforço físico geral, e o EMG e a REBA confirmam objetivamente a sobrecarga muscular e postural.

Os diferentes métodos se complementam e reforçam a evidência de que a atividade de coleta de resíduos envolve esforço moderado a pesado, risco alto de lesão musculoesquelética e ativação muscular significativa em regiões críticas.

Diante do exposto, sugere-se recomendações técnicas para melhoria da atividade e redução da exposição ao risco de LMERT apresentadas na Tabela 52.

Tabela 52.Recomendações técnicas propostas

Etapa da Atividade	Recomendações Técnicas
1. Deslocamento e aproximação do veículo (subir e descer do estribo)	- Otimizar rotas para reduzir deslocamentos a pé - Ajustar velocidade do veículo para acompanhar sem corrida; - Implementar micro pausas (1–2 min a cada 30–40 min); - Utilizar calçados com absorção de impacto e boa aderência.
2. Levantamento e manuseio dos resíduos	- Adotar técnicas corretas de levantamento (flexão de joelhos, carga próxima ao corpo); - Limitar peso dos sacos (máx. 15 kg); - Usar contentores com rodízios e alças ergonômicas; - Promover treinamento ergonômico periódico.
3. Descarte no caminhão compactador (empurrar e puxar contentor)	- Ajustar altura da boca de carga para abaixo da linha dos ombros; - Usar braços mecânicos para contentores de 2 rodas; - Realizar descarte em duplas.
4. Compactação e espera	- Adotar pausas ativas; - Monitorar carga cardiovascular e pressão arterial; - Garantir hidratação adequada ao longo da rota.
5. Retorno e recuperação	- Realizar avaliações médicas e fisioterapêuticas periódicas; - Organizar jornadas com intervalos de descanso adequados.

Dessa forma, recomenda-se a implementação de um plano integrado de intervenção ergonômica, que envolva a adequação tecnológica dos veículos e das ferramentas de coleta, o treinamento ergonômico contínuo dos trabalhadores, a promoção da saúde e do condicionamento físico e a organização racional da jornada e das rotas de coleta, de modo a minimizar a sobrecarga física e reduzir o risco de lesões musculoesqueléticas associadas à atividade.

Capítulo 5 - Conclusões e Perspectiva de trabalhos futuros

5.1 Conclusões

Verifica-se que as características sociodemográficas dos cantoneiros de coleta tendem a ser composta por homens com idade superior aos 45 anos, com longo período de experiência, IMC classificado na faixa de sobrepeso, destros, e com educação básica. A maior parte dos trabalhadores não apresentou o hábito de fumar e realizar atividade física, mas possui o hábito de consumir bebida alcoólica. Não foram encontradas significância estatística entre nenhuma característica sociodemográficas com a ocorrência de lesões musculoesquelética relacionado ao trabalho. Assim como em estudos anteriores, a região da coluna lombar, seguida dos ombros e joelhos são as mais afetadas pela atividade. Estas regiões também apresentaram maior intensidade de dor.

Um dos desafios do estudo foi relacionar a ocorrência de LMERT com a estratégia de coleta adotada por cada trabalhador investigado, uma vez que os métodos de coleta variam ao longo da jornada conforme a organização da cidade, o que exige ao trabalhador realizar várias estratégias de coleta durante o dia de trabalho.

Através do acompanhamento dos circuitos, da observação de toda a jornada de trabalho, bem como do levantamento dos equipamentos utilizados pelos municípios, foi possível perceber o método de coleta predominante em cada cidade, sendo a coleta porta-a-porta através de sacos a mais utilizada. Tal condição justifica o maior registro de queixas principalmente na região lombar.

Conclui-se que, no município em que a coleta de resíduos é realizada predominantemente de forma manual, observa-se uma maior ocorrência de sintomatologia de LMERT na região lombar. Por outro lado, no município em que a coleta é realizada com o uso de contentores, a ocorrência de sintomas relacionados a LMERT é menor quando comparada aos demais.

Outro aspecto relevante observado foi que os trabalhadores mais jovens, com menor tempo de experiência e sem obesidade, apresentaram um número maior de queixas, especialmente na região lombar, quando comparados aos trabalhadores mais velhos. Uma possível explicação para esse resultado é que os trabalhadores mais experientes tendem a executar as tarefas com maior cautela, parcimônia e equilíbrio, o que pode contribuir para a redução do risco de desconfortos musculoesqueléticos.

É fundamental implementar a coleta utilizando contentores de quatro rodas, posicionados em terrenos regulares e planos, evitando a necessidade de movimentos bruscos por parte dos trabalhadores. Além disso, a movimentação desses contentores deve ser realizada, por no mínimo dois trabalhadores, garantindo maior segurança e eficiência no processo. Recomenda-se a padronização do uso de contentores de duas rodas, substituindo equipamentos improvisados, como bidões. Esses contentores devem ser sempre içados diretamente pelos caminhões, eliminando a necessidade de manipulação manual excessiva. Além disso, o uso de baldes deve ser definitivamente abolido, independentemente de suas características, uma vez que os caminhões não possuem dispositivos adequados para levantá-los, o que exige esforços físicos excessivos dos trabalhadores e aumenta o risco de acidentes e lesões.

Essas considerações são fundamentadas nos resultados da Escala de Borg, que indicam um elevado grau de dificuldade nas atividades relacionadas ao levantamento e transporte de sacos, bem como ao empurrar contentores.

No que respeita a FCT, dos 12 trabalhadores do Município de Guimarães, 3 (25%) apresentaram FCT classificada como moderadamente pesada. No município de Fafe, 8 (72%) foram classificadas entre moderadamente pesada e pesada. Em Felgueiras, 7 (63%), foram classificados como moderadamente pesada. Ressalta-se que o método de coleta predominante no Município de Fafe é realizado por meio de sacos depositados em frente às residências. Ademais, destaca-se que este município apresenta a maior variação altimétrica entre os investigados, fator que pode influenciar diretamente as condições de trabalho do cantoneiros.

É importante destacar que estudos comprovam que as condições altimétricas da cidade possuem potencial para influenciar a FC e a sobrecarga física, conforme apontado no referencial teórico. Contudo neste estudo a amostra foi limitada, e, portanto, não é possível inferir uma condição de dependência entre as variáveis.

O esforço postural durante a execução das tarefas foi considerado de alto risco de ocorrência de sintomatologia de LMERT. Portanto, não foi possível inferir qual atividade oferece maior nível de segurança para os trabalhadores. É importante destacar que os voluntários que participaram da atividade simulada em laboratório, realizaram as tarefas sem o auxílio de outra pessoa. Essa condição difere das operações realizadas em campo, onde, geralmente, dois sujeitos são responsáveis pela movimentação da carga dos contentores de quatro rodas. Na análise de EMG, apesar das ativações musculares serem superiores a 60%, não houve diferença estatisticamente significativa nos níveis de ativação muscular (MVC) nas tarefas de carregamento de sacos de 5kg e 10kg, Balde, Contentor de 4

rodas em quaisquer cenário e contentor de 2 rodas com desnível em rampa, ou seja, as diferentes condições não resultaram em mudanças relevantes nos músculos analisados.

De acordo com os resultados da EMG, considera-se que a tarefa com contentores de duas rodas com mesmo nível (C2RMN) e em desnível por degrau (C2RDD), os músculos do trapézio superior esquerdo e direito tendem a apresentar os menores níveis de ativação muscular e os maiores níveis de ativação muscular tendem a ser os correspondentes aos músculos ILE, MFE, ILD, LGE e MFD para C2RMN e MFE, ILE, MFD e ILD para C2RDD. Também foi identificado correlação estatística entre a coleta de resíduos com contentores de duas rodas e os músculos do tronco. Por isso, é fundamental posicionar o veículo o mais próximo possível do contentor para evitar grandes deslocamentos, deve-se evitar o levantamento manual dos contentores de duas rodas e sempre utilizar os dispositivos de içamento do veículo para descarregar o recipiente. Além disso, deve-se priorizar o movimento de empurrar o contentor, em vez de puxá-lo.

Portanto, considerando os resultados anteriores e, visando responder a hipótese do trabalho que busca um método de coleta de resíduos urbanos que minimiza o risco de LMERT, e que reduzam os impactos associados à movimentação de cargas durante a atividade, é possível concluir que a implementação de dispositivos que realizam o levantamento de carga, reduz a carga de trabalho e consequentemente diminui o esforço muscular. A tarefa realizada nos municípios de Guimarães e Felgueiras, envolvem condições de trabalho mais equilibradas, pode ser considerada como um modelo a ser seguido, principalmente se forem introduzidas adaptações como a utilização de carrinhos ou outros dispositivos auxiliares para transporte dos resíduos. Em contrapartida, as tarefas realizadas em Fafe, devido ao uso predominante de sacos pesados, demandariam adequação da tarefa através da adoção e instalação de equipamentos urbanos para acondicionamento e coleta dos resíduos.

Diante do exposto, foi sugerida a coleta mecanizada com contentores de 4 rodas instalados em terreno regular, movimentados por no mínimo dois trabalhadores. A coleta de moloks realizadas por caminhão guincho foi observada, porém não foi objeto de investigação desse estudo, por isso não foi possível inferir conclusões para este tipo de tarefa. A coleta porta-a-porta deve ser realizada de forma concentrada e seletiva, sendo essencial a colaboração ativa dos residentes para o sucesso do processo. Estabelecer pontos de coleta reduz significativamente o tempo de recolhimento, diminui a exposição ao risco de lesões, reduz o esforço físico e melhora o desempenho.

As pausas durante a tarefa devem ser promovidas de forma sistemática, considerando-se sua importância como estratégia ergonômica e de saúde ocupacional. Ademais, é importante que os profissionais envolvidos na coleta de resíduos sólidos urbanos reconheçam a necessidade de implementar práticas regulares de atividade física extralaboral. Tal abordagem visa mitigar os efeitos da possível insuficiência de estímulo físico decorrente da natureza específica de suas funções laborais, promovendo assim um equilíbrio biomecânico e cardiorrespiratório mais robusto.

5.2 Limitações do estudo e perspectivas de trabalhos futuros

Uma das limitações identificadas neste estudo refere-se ao número reduzido de trabalhadores por município. Tal fator impactou diretamente o tamanho total da amostra, especialmente na fase de aplicação dos questionários, o que impossibilita que os resultados obtidos sejam considerados representativos de toda a realidade nacional.

Outra limitação consistiu na impossibilidade de recrutar os cantoneiros de coleta como sujeitos de investigação nas etapas de análise postural e eletromiografia superfície, sendo necessário o recrutamento de voluntários da Universidade do Minho.

Para iniciar o experimento em laboratório, houve um atraso na chegada dos equipamentos, e, portanto, fez-se necessário solicitar empréstimo a Câmara Municipal de Guimarães para que o estudo fosse realizado. No entanto, nem todos os recipientes foram incluídos desde o início da investigação. Como exemplo, destaca-se o balde, que foi introduzido durante o estudo. Essa situação impactou diretamente o tamanho da amostra utilizada nos ensaios laboratoriais.

Além disso, como a atividade foi simulada em área aberta, houve interferências climáticas como chuva e sol, durante o estudo. Portanto, houve alguns constrangimentos dos equipamentos durante a execução das tarefas em laboratório. Não foi possível recrutar mais participantes para esta etapa. Embora os voluntários fossem instruídos e estimulados para realizarem a CIMV, os resultados gerados foram abaixo da condição máxima, visto que durante a execução da tarefa o MVC foi superior ao CIMV.

Diante do exposto, é importante considerar em trabalhos futuros expandir a amostra e estudar um número maior de munícipios com outros métodos de coleta ou com estratégias bem definidas, para que seja possível relacionar a ocorrência de LMERT efetivamente com o método de coleta adotado.

Além disso, é de bom alvitre associar a prevalência de LMERT com outros fatores de risco, tais como formação do trabalhador e realização de outras atividades profissionais antes e após o trabalho. Uma

vez que, tais fatores podem interferir na ocorrência de LMERT entre os trabalhadores que realizam a coleta de resíduos.

A otimização do design dos contentores, com foco na adaptação ergonômica dessas estruturas, representa uma oportunidade promissora para estudos futuros. Essa abordagem busca minimizar a sobrecarga biomecânica e, por conseguinte, mitigar a prevalência de LMERT entre os trabalhadores envolvidos nas operações de manejo de resíduos.

Referências

Abou-ElWafa, H. S., El-Bestar, S. F., El-Gilany, A. H., & Awad, E. E. S. (2012). Musculoskeletal disorders among municipal solid waste collectors in Mansoura, Egypt: A cross-sectional study. *BMJ Open, 2*(5), e001338. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2012-001338

Agência Portuguesa do Ambiente. (2021). *Plano estratégico para os resíduos urbanos 2030 — De resíduos a recursos*. APA.

Al-Qaisi, S. K., Saba, A., & Alameddine, I. (2020). Evaluation of recommended maximum voluntary contraction exercises for back muscles commonly investigated in ergonomics. *Theoretical Issues in Ergonomics Science, 22*(3), 261–273. https://doi.org/10.1080/1463922X.2020.1758831

Anjos, L. A., Ferreira, J. A., & Damião, J. J. (2007). Heart rate and energy expenditure during garbage collection in Rio de Janeiro, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública, 23*(11), 2749–2755. https://doi.org/10.1590/S0102-311X2007001100022

Apud, E., Bostrand, L., Mobbs, I., & Strehlke, B. (1989). *Guidelines on ergonomic study in forestry*. International Labour Office.

Battini, D., Botti, L., Mora, C., & Sgarbossa, F. (2018). Ergonomics and human factors in waste collection: Analysis and suggestions for the door-to-door method. In *Proceedings of the IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM 2018)* (Vol. 51, pp. 838–843). https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.443

Berg, J., Ananian, S., Lieppmann, H., Mieres, F., Soares, S., Duman, A., Horne, R., Shroff, T., Sobeck, K., Song, R., & International Labour Organization, Research Department. (2023). *World employment and social outlook 2023: The value of essential work* (1ª ed.). ILO. https://doi.org/10.54394/OQVF7543

Bleck, D., & Wettberg, W. (2012). Waste collection in developing countries — Tackling occupational safety and health hazards at their source. *Waste Management, 32*(11), 2009–2017. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.03.025

Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. Human Kinetics. https://www.researchgate.net/publication/306039034

Botti, L., Battini, D., Sgarbossa, F., & Mora, C. (2020). Door-to-door waste collection: Analysis and recommendations for improving ergonomics in an Italian case study. *Waste Management, 109,* 149–160. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.027

Bulduk, E. Ö. (2019). Work-related stress levels and musculoskeletal disorders among municipal solid waste collectors in Ankara. *Work, 63*(3), 427–433. https://doi.org/10.3233/WOR-192949

Câmara Municipal de Guimarães. (2005). *Plano de gestão de resíduos urbanos*. Guimarães: CMG.

Cardoso, J. A. V. (2019). *A influência da utilização de um exoesqueleto passivo nos fatores de risco de lesões musculoesqueléticas durante tarefas industriais* (Dissertação de Mestrado). Universidade do Minho.

Castro, P., Zlatar, T. Jr., B. B., Lago, E., Cruz, F., Martins, L. B., & Araújo, M. C. (2020). Musculoskeletal symptoms and skin temperature variations in solid waste collectors. In P. M. Arezes, J. S. Baptista, M. P. Barroso, P. Carneiro, P. Cordeiro, N. Costa, R. B. Melo, A. S. Miguel, &

G. Perestrelo (Eds.), *Occupational and Environmental Safety and Health II* (Vol. 277). https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3

Cirne, V. N. A. (2013). *Análise de Posturas e de Movimento com Recurso a um Método de Análise de Imagem* (Tese de Doutoramento). Universidade do Porto.

Colim, A. S. de P. (2017). *A obesidade como fator de risco musculoesquelético na manipulação vertical de cargas* (Tese de Doutoramento). Universidade do Minho. https://hdl.handle.net/1822/54386

Comissão Europeia. (2014). Regulamento (UE) n.º 868/2014 da Comissão, de 8 de agosto de 2014, relativo à tipologia comum aplicável a nível territorial (NUTS). *Jornal Oficial da União Europeia, L 241,* 1–15. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32014R0868

Corlett, E. N., & Manenica, I. (1980). The effects and measurement of working postures. *Applied Ergonomics, 11*(1), 7–16. https://doi.org/10.1016/0003-6870(80)90115-5

Crawford, J. O., Graveling, R., Davis, A., Giagloglou, E., Fernandes, M., Markowska, A., & Jones, M. (2020). Work-related musculoskeletal disorders: From research to practice. What can be learnt? *European Risk Observatory Report*. http://europa.eu

Da Silva, L., Forcelini, F., Varnier, T., Merino, G. S. A. D., & Merino, E. A. D. (2020). Contribution ergonomic assessment of musculoskeletal hazards in waste bag removal from containers. In P. M. Arezes, J. S. Baptista, M. P. Barroso, P. Carneiro, P. Cordeiro, N. Costa, R. B. Melo, A. S. Miguel, & G. Perestrelo (Eds.), *Occupational and Environmental Safety and Health II* (Vol. 277, pp. 323–330). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3_35

Dalmoro, M., & Vieira, K. M. (2014). Dilemas na construção de escalas tipo Likert: O número de itens e a disposição influenciam nos resultados? *Revista Gestão Organizacional, 6*(3). https://doi.org/10.22277/rgo.v6i3.1386

David, G. C. (2005). Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occupational Medicine, 55*(3), 190–199. https://doi.org/10.1093/occmed/kqi082

Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de maio. (2002). Define o regime geral da gestão de resíduos. *Diário da República n.º 120/2002, Série I-A*. Lisboa: Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.

Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro. (2020). Aprova o regime geral da gestão de resíduos, o regime jurídico da deposição de resíduos em aterro e altera o regime da gestão de fluxos específicos de resíduos. *Diário da República n.º 243/2020, Série I*. Lisboa: Ministério do Ambiente e da Ação Climática.

Degli Esposti, A., Magrini, C., & Bonoli, A. (2023). Door-to-door waste collection: A framework for the socio-economic evaluation and ergonomics optimisation. *Waste Management, 156,* 130–138. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.11.024

Direção-Geral da Saúde. (2008). *Lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho: Guia de orientação para a prevenção*. Ministério da Saúde.

Do Nascimento Júnior, L. S., & Da Costa Santos Pessoa, J. (2012). Analysis of urban cleanness agents' workstation on the appearance of work-related musculoskeletal disorders. *Work, 41*(Suppl. 1), 2482–2486. https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0485-2482

Draicchio, F., Silvetti, A., Ranavolo, A., et al. (2012). Kinematic analysis of post office employees' workstations. *Work, 41*(S1). https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0424-2012

Emmatty, F. J., & Panicker, V. V. (2019). Ergonomic interventions among waste collection workers: A systematic review. *International Journal of Industrial Ergonomics, 72,* 158–172. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.05.004

Eurofound. (2017). *Sixth European working conditions survey — Overview report*. Publications Office of the European Union.

European Agency for Safety and Health at Work. (2020). *Work-related musculoskeletal disorders: From research to practice. What can be learnt?* Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2802/118327

Eurostat. (2023). Municipal waste statistics. *European Commission*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained

Eurostat, F., European Union, & Waste Statistics Regulation. (2020). Municipal waste statistics, March 2016 (pp. 1–6).

Fadini, J. C., & Braz, T. V. (2016). Caracterização da altimetria e frequência cardíaca em diferentes intensidades na pista do Jardim Botânico Municipal de Americana-SP. *Revista Científica Ciência e Inovação, 3*(1), 27–33.

Ferraz de Campos, V. A., Silva, V. B., Cardoso, J. S., Brito, P. S., Tuna, C. E., & Silveira, J. L. (2021). A review of waste management in Brazil and Portugal: Waste-to-energy as pathway for sustainable development. *Renewable Energy, 178,* 802–820. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.06.107

Fiedler, N. C., Juvanhol, R. S., Paula, E. N. d. S. O., Gonçalves, S. B., Carmo, F. C. d. A., & Maziero, R. (2012). Análise da carga de trabalho físico em atividades de implantação florestal em áreas declivosas. *Floresta, 42*(2), 241. https://doi.org/10.5380/rf.v42i2.21974

Góes, J. [José Góes]. (2022, 13 de junho). *Músculo multífido* [Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=CD1JvpU2Gnk

Guimarães, C. de. (2005). *Plano de gestão de resíduos*. https://www.cm-guimaraes.pt/cmguimaraes/uploads/document/file/21592/eficiencia_1_.pdf

Gumasing, M. J. J., & Sasot, Z. B. (2019). An occupational risk analysis of garbage collection tasks in the Philippines. In *2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)* (pp. 408–413). https://doi.org/10.1109/IEA.2019.8715109

Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics, 31*(2), 201–205. https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3

Hita-Gutiérrez, M., Gómez-Galán, M., Díaz-Pérez, M., & Callejón-Ferre, Á.-J. (2020). An overview of REBA method applications in the world. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(8), 2635. https://doi.org/10.3390/ijerph17082635

HSE. (2017). *Health and safety at work: Summary statistics for Great Britain 2017* (pp. 21–22).

Iida, I., & Guimarães, L. B. M. (2018). *Ergonomia: Projeto e produção* (3ª ed.). São Paulo: Blucher.

INE. (2019). *Estatísticas do Ambiente: 2018*. Instituto Nacional de Estatística. https://www.ine.pt/xurl/pub/358631361

Instituto Nacional de Estatística (INE). (2011). *Classificação Nacional de Profissões (CNP/2011)*. Lisboa: INE. https://www.ine.pt

Instituto Nacional de Estatística (INE). (2024). *Estatísticas do Ambiente: 2023*. Lisboa: INE. https://www.ine.pt

Instituto Nacional de Estatística (INE). (2025). *Acidentes de trabalho 2023*. Lisboa: INE. https://www.ine.pt

INRS. (2018). *Recycling of waste: Prevention of risks related to manual handling*. Institut national de recherche et de sécurité (FR).

International Labour Organization (ILOSTAT). (2018). *Occupational injuries by economic activity*. https://ilostat.ilo.org

Iranzo, S., Piedrabuena, A., Iordanov, D., Martinez-Iranzo, U., & Belda-Lois, J. M. (2020). Ergonomics assessment of passive upper-limb exoskeletons in an automotive assembly plant. *Applied Ergonomics, 87,* 103120. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103120

Jerie, S. (2016). Occupational risks associated with solid waste management in Zimbabwe: A case study of Bulawayo city. *Journal of Environmental and Public Health,* Article 9024160. https://doi.org/10.1155/2016/9024160

Jeong, B. Y. (2016). Occupational injuries and deaths in domestic waste collecting process. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 26*(5), 608–614. https://doi.org/10.1002/hfm.20680

Karhu, O., Kansi, P., & Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics, 8*(4), 199–201. https://doi.org/10.1016/0003-6870(77)90164-8

Kasemy, Z. A., Rohlman, D. S., & Latif, A. A. A. (2021). Health disorders among Egyptian municipal solid waste workers and assessment of their knowledge, attitude, and practice towards hazardous exposure. *Environmental Science and Pollution Research, 28,* 30993–31002. https://doi.org/10.1007/s11356-021-12856-3

Kingma, I., Kuijer, P. P. F. M., Hoozemans, M. J. M., Van Dieën, J. H., Van Der Beek, A. J., & Frings-Dresen, M. H. W. (2003). Effect of design of two-wheeled containers on mechanical loading. *International Journal of Industrial Ergonomics, 31*(2), 73–86. https://doi.org/10.1016/S0169-8141(02)00176-2

Kuijer, P. P. F. M., Van Der Beek, A. J., Visser, B., Van Dieën, J. H., & Frings-Dresen, M. H. W. (2000). Work situation and physical workload of refuse collectors in three different time periods. *International Journal of Industrial Ergonomics, 26*(5), 509–519. https://doi.org/10.1016/S0169-8141(00)00021-4

Kuijer, P. P. F. M., Van Der Beek, A. J., Van Dieën, J. H., Visser, B., & Frings-Dresen, M. H. W. (2005). Effect of job rotation on need for recovery, musculoskeletal complaints, and sick leave due to musculoskeletal complaints: A prospective study among refuse collectors. *American Journal of Industrial Medicine, 47*(5), 394–402. https://doi.org/10.1002/ajim.20159

Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G., & Jørgensen, K. (1987). Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics, 18*(3), 233–237. https://doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-X

Lasota, A. M., & Hankiewicz, K. (2020). Self-reported fatigue and health complaints of refuse collectors. *Central European Journal of Operations Research, 28*(2), 633–643. https://doi.org/10.1007/s10100-019-00637-w

Laursen, B., & Schibye, B. (2002). The effect of different surfaces on biomechanical loading of shoulder and lumbar spine during pushing and pulling of two-wheeled containers. *Applied Ergonomics, 33,* 167–174.

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *PLoS Medicine, 6*(7), e1000100. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100

Lin, W. Y., Yang, C. L., Huang, W. P., Tseng, P. C., & Kuo, H. W. (2022). Moderating and mediating effects of over-commitment on the association between effort–reward imbalance (ERI) and upper back and hand/wrist disorders in municipal solid waste collectors. *Journal of Pain Research, 15,* 455–463. https://doi.org/10.2147/JPR.S345552

Mariano, A., Júnior, D. E. S., Martins, F., & et al. (2010). Análise ergonômica do trabalho e aplicação do método RULA: Um estudo de caso no serviço de limpeza de logradouros públicos. *Anais do XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção.*

Marques, A. P. (2003). *Manual de goniometria* (2ª ed.). Manole.

Maton, B. (1981). Human motor unit activity during the onset of muscle fatigue in submaximal isometric/isotonic contraction. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 46*(3), 271–281. https://doi.org/10.1007/BF00423403

McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics, 24*(2), 91–99. https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-S

Mehrdad, R., Majlessi-Nasr, M., Aminian, O., Sharifian, S. A., & Malekahmadi, F. (2008). Musculoskeletal disorders among municipal solid waste workers. *Acta Medica Iranica, 46*(3), 233–238.

Mendes, J. F. G. (Coord.). (2014). *Master Plan para a Promoção do Ave Capital Verde Europeia. Parte II – Áreas de Indicadores.* Câmara Municipal de Guimarães. https://www.cm-guimaraes.pt

Merletti, R. (2000). Standards for reporting EMG data. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 10*(5), 361–363. https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00027-4

Minette, L. J., Schettino, S., Souza, V. G. L., & Duarte, C. L. (2015). Avaliação biomecânica e da carga física de trabalho dos trabalhadores florestais em regiões montanhosas. *Scientia Forestalis, 43*(107).

Molinaro, D. D., King, A. S., & Young, A. J. (2020). Biomechanical analysis of common solid waste collection throwing techniques using OpenSim and an EMG-assisted solver. *Journal of Biomechanics, 104,* 109704. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.109704

Moore, C. A. B., Armstrong, D. P., & Fischer, S. L. (2021). Exploring the prospective efficacy of waste bag–body contact allowance to reduce biomechanical exposure in municipal waste collection. *Applied Ergonomics, 90,* 103182. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103182

Município de Fafe. (2021). *Estudo para o desenvolvimento do sistema de recolha de biorresíduos.* Câmara Municipal de Fafe. https://www.cm-fafe.pt

Netter, F. H. (2011). *Atlas de anatomia humana* (M. I. C. Nascimento et al., Trads.; 5ª ed.). Elsevier.

Netto, K., Francis-Pester, G., Lewis, C., Dunnill, P., & Darling, R. (2022). Posture and muscle activity during waste collection work. *Annals of Work Exposures and Health, 66*(1), 119–123. https://doi.org/0.1093/annweh/wxab022

Ng, J., & Richardson, C. (1994). EMG study of erector spinae and multifidus in two isometric back extension exercises. *Australian Journal of Physiotherapy, 40*(2), 115–121. https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60458-X

Ocarino, J. de M., Silva, P. L. P. D., Vaz, D. V., Aquino, C. F. D., Brício, R. S., & Da Fonseca, S. T. (2005). Eletromiografia: Interpretação e aplicações nas ciências da reabilitação. *Fisioterapia Brasil, 6*(4), 305–310.

Onishi, N., & Nomura, H. (1973). Low back pain in relation to physical work capacity and local tenderness. *Journal of Human Ergology, 2,* 119–132.

Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2008). Diretiva 2008/98/CE de 19 de novembro de 2008 relativa aos resíduos e que revoga certas diretivas. *Jornal Oficial da União Europeia, L 312,* 3–30. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32008L0098

Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2018a). Diretiva (UE) 2018/849 de 30 de maio de 2018. *Jornal Oficial da União Europeia, L 150,* 93–99. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32018L0849

Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2018b). Diretiva (UE) 2018/850 de 30 de maio de 2018. *Jornal Oficial da União Europeia, L 150,* 100–108. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32018L0850

Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2018c). Diretiva (UE) 2018/851 de 30 de maio de 2018. *Jornal Oficial da União Europeia, L 150,* 109–140. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32018L0851

Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2018d). Diretiva (UE) 2018/852 de 30 de maio de 2018. *Jornal Oficial da União Europeia, L 150,* 141–154. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32018L0852

Pereira, R., Silva, J., & Monteiro, L. (2022). Prevalência da síndrome da dor femoropatelar em trabalhadores da coleta de resíduos urbanos em Portugal. *Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional, 4*(2), 55–63. https://doi.org/10.31252/rpso.2022.55

Poonkasem, N., Wibuloutai, J., Kongtip, P., & Chaiklieng, S. (2022). Musculoskeletal disorder among municipal solid waste collectors: A case study of Sung Noen District, Nakhon Ratchasima Province. *Journal of Southwest Jiaotong University, 57*(5), 467–474. https://doi.org/10.35741/issn.0258-2724.57.5.37

Portugal. Decreto–Lei n.º 441/91, de 14 de novembro. Regime jurídico da segurança, higiene e saúde no trabalho. *Diário da República.*

Portugal. Decreto–Lei n.º 26/94, de 1 de fevereiro. Regime de organização e funcionamento das atividades de segurança, higiene e saúde. *Diário da República.*

Portugal. Decreto–Lei n.º 133/99, de 21 de abril. Medidas de promoção da segurança e saúde no trabalho. *Diário da República.*

Portugal. Decreto–Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro. Prescrições mínimas de segurança e saúde sobre vibrações mecânicas. *Diário da República.*

Portugal. Decreto–Lei n.º 330/1993, de 25 de setembro. Transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva 90/269/CEE relativa à movimentação manual de cargas. *Diário da República.*

Portugal. Decreto–Lei n.º 349/93, de 1 de outubro. Prescrições mínimas de segurança e saúde no trabalho com equipamentos dotados de visor. *Diário da República.*

Portugal. Lei n.º 73/98, de 10 de novembro. Normas relativas à organização do tempo de trabalho. *Diário da República.*

Portugal. Ministério da Saúde, Direção-Geral da Saúde. (2008). *Lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho: Guia de orientação para a prevenção.*

Portugal. Portaria n.º 989/93, de 6 de outubro. Prescrições mínimas para equipamentos com visor. *Diário da República.*

Rodahl, K. (2005). *The physiology of work* (e-book ed.). Taylor & Francis e-Library.

Rossi, M., Papetti, A., & Germani, M. (2022). A comparison of different waste collection methods: Environmental impacts and occupational risks. *Journal of Cleaner Production, 368,* 133145. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133145

Salve, P. S., Chokhandre, P., & Bansod, D. W. (2020). Multiple morbidities and health conditions of waste-loaders in Mumbai: A study of the burden of disease and health expenditure. *Archives of Environmental and Occupational Health, 75*(2), 79–87. https://doi.org/10.1080/19338244.2019.1568223

Santos, M., & Almeida, A. (2016). Cantoneiros: principais ocupacionais, doenças, proteções recomendadas, riscos e fatores de risco profissionais e medidas. *Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional,* 1–15.

SENIAM. (2023). *Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles.* Retrieved from http://www.seniam.org

Sigcha, L., Pavón, I., Arezes, P., Costa, N., De Arcas, G., & López, J. M. (2018). Occupational risk prevention through smartwatches: Precision and uncertainty effects of the built-in accelerometer. *Sensors, 18*(11), 3805. https://doi.org/10.3390/s18113805

Statistics, U. S. Bureau of Labor Statistics. (2025). *Biennial case and demographic numbers & rates by case type (2021–2022): Occupational injuries/illnesses and fatal injuries profiles* [Dataset]. https://data.bls.gov/gqt/RequestData

Thomas, D., Hare, B., & Evangelinos, K. (2021). A comparison of manual handling risks in different domestic waste collection systems using three separate evaluation methods. *International Journal of Industrial Ergonomics, 83,* 103111. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103111

Thomas, D., Mulville, M., & Hare, B. (2019). The identification of the domestic waste collection system associated with the least operative musculoskeletal disorders using human resource absence data. *Resources, Conservation & Recycling, 150,* 104424. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104424

Tshivhase, S. E., Mashau, N. S., Ngobeni, T., & Ramathuba, D. U. (2022). Occupational health and safety hazards among solid waste handlers at a selected municipality, South Africa. *Health SA Gesondheid, 27,* Article e1978. https://doi.org/10.4102/hsag.v27i0.1978

União Europeia. (1990). Diretiva 90/269/CEE do Conselho, de 29 de maio de 1990, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde na movimentação manual de cargas que comportem riscos, nomeadamente dorsolombares, para os trabalhadores. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias.*

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development* (Res. 70/1).

Van Nguyen, B., Tran, T. T. T., Hoang, N. T., Nguyen, B. N., & Nguyen, Q. T. (2020). Musculoskeletal pain and work-related risk factors among waste collectors in Hanoi, Vietnam: A cross-sectional study. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences, 8*(E), 498–508. https://doi.org/10.3889/oamjms.2020.4866

Velasco Garrido, M., Bittner, C., Harth, V., & Preisser, A. M. (2015). Health status and health-related quality of life of municipal waste collection workers: A cross-sectional survey. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 10*(1), 1–7. https://doi.org/10.1186/s12995-015-0065-6

Wanderley, T., McQuibban, J., & Mörsen, T. (2022). Como fazer uma melhor recolha de biorresíduos. *Communications Officer, Zero Waste Europe.* Recuperado de https://zerowastecities.eu/tools/how-to-best-collect-bio-waste/

Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., & Fine, L. J. (1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics, 36*(7), 749–776. https://doi.org/10.1080/00140139308967940

XSENS. (2015). *Xsens MVN: Human motion capture.* Enschede: Xsens Technologies.

Yang, C. L., Huang, W. P., Lin, W. Y., Tseng, P. C., & Kuo, H. W. (2022). Job-related stress associated with work-related upper extremity musculoskeletal disorders (UEMDs) in municipal waste collectors: The moderation and mediation effect of job support. *BMC Musculoskeletal Disorders, 23*(1), Article 5721. https://doi.org/10.1186/s12891-022-05721-y

Yang, C. Y., Chang, W. T., Chuang, H. Y., Tsai, S. S., Wu, T. N., & Sung, F. C. (2001). Adverse health effects among household waste collectors in Taiwan. *Environmental Research, 85*(3), 195–199. https://doi.org/10.1006/enrs.2000.4235

Ziaei, M., Choobineh, A., Abdoli-Eramaki, M., & Ghaem, H. (2018). Individual, physical, and organizational risk factors for musculoskeletal disorders among municipal solid waste collectors in Shiraz, Iran. *Industrial Health, 56*(4), 308–319. https://doi.org/10.2486/indhealth.2018-0011

APÊNDICE I

Questionário para levantamento de dados Psicofísicos

Projeto: Influência da Estratégia de Coleta de Resíduos Urbanos nas Lesões Musculoesqueléticas relacionadas com o Trabalho.

Informações Gerais

Data: _____/_____/_____

Código de Identificação do Trabalhador : _____

Função: Cantoneiro ☐ Motorista e Cantoneiro ☐ Motorista ☐

Tipo de camião:_____

Local de atuação: _____

Qual o tipo de coleta consideradas menos penosa?

Manual (porta a porta)		Contentor com 4 rodas		Contentor com 2 rodas	
					

Dados demográficos

Idade: _____ Género: F ☐ M ☐

Altura: _____ Peso: _____

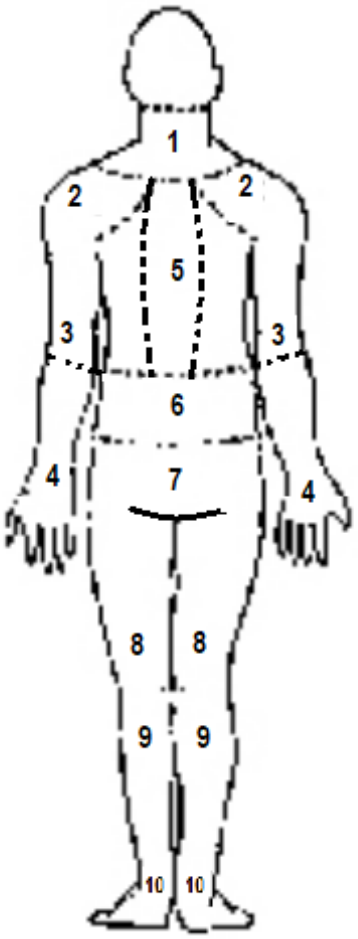
Mão dominante: Esquerda ☐ Direita ☐ Ambas ☐

Ensino: Básico ☐ Secundário ☐ Superior ☐

Dados Profissionais
Tempo de Serviço na função:
Hora do início e fim da jornada de trabalho:
Total de horas de Trabalho por dia:
Número de pausas durante o dia: 1 ( ) 2 ( ) mais de 2 ( )
Tempo total de pausa durante o dia:
A atividade é realizada com um colega? Sim ( ) Não ( )

Já sofreu algum acidente de trabalho? Sim ( ) Não ( )

Informações de Saúde
Realiza exercício físico regular? Sim ( ) Não ( )
Se sim, quantas vezes por semana? 1 a 2 ( ) 3 a 4 ( ) mais de 4 ( )
Fuma? Sim ( ) Não ( )
Consome bebidas alcoólicas? Sim ( ) Não ( )
Possui algum problema de saúde? Sim ( ) Não ( )
Se sim, qual é o problema? Respiratório ( ) Cardíaco ( ) Diabete ( ) Musculoesquelético ( )
Teve que se ausentar do trabalho em virtude desse problema de saúde? Sim ( ) Não ( )
Por quantos dias ficou afastado do trabalho?
O problema de saúde tem relação com o trabalho? Sim ( ) Não ( )
Frequência Cardíaca: Média ( ) Máxima ( )


1
2
2
5
3
3
6
4
7
4
8
8
9
9
10
10

Questionário Nórdico Musculoesqueléticos

Região Corporal	Nos últimos 12 meses teve este algum problema (desconforto, dor ou dormência) nas regiões indicadas?*		Nos últimos 12 meses, foste impedido(a) de realizar atividades normais (por exemplo: trabalho, atividades domésticas e de lazer) por causa desse problema em:		Nos últimos 12 meses, consultaste algum profissional da área da saúde (médico, fisioterapeuta) por causa dessa condição em;		Nos últimos 7 dias, tiveste algum problema em:		Se sim, refiras a intensidade da dor (escala de 1 a 10, onde 1 corresponde a dor mínima e 10 a dor máxima) *
1.Pescoço	0	Não	0	Não	0	Não	0	Não	
	1	Sim	1	Sim	1	Sim	1	Sim	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
2.Ombros	0	Não	0	Não	0	Não	0	Não	
	1	Sim, no ombro direito	1	Sim, no ombro direito	1	Sim, no ombro direito	1	Sim, no ombro direito	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	2	Sim, no ombro esquerdo	2	Sim, no ombro esquerdo	2	Sim, no ombro esquerdo	2	Sim, no ombro esquerdo	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	3	Sim, em ambos os ombros	3	Sim, em ambos os ombros	3	Sim, em ambos os ombros	3	Sim, em ambos os ombros	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
3.Cotovelos	0	Não	0	Não	0	Não	0	Não	
	1	Sim, no cotovelo direito	1	Sim, no cotovelo direito	1	Sim, no cotovelo direito	1	Sim, no cotovelo direito	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	2	Sim, no cotovelo esquerdo	2	Sim, no cotovelo esquerdo	2	Sim, no cotovelo esquerdo	2	Sim, no cotovelo esquerdo	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	3	Sim, em ambos os cotovelos	3	Sim, em ambos os cotovelos	3	Sim, em ambos os cotovelos	3	Sim, em ambos os cotovelos	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
4.Punhos e mãos	0	Não	0	Não	0	Não	0	Não	
	1	Sim, no pulso/mão direita	1	Sim, no pulso/mão direita	1	Sim, no pulso/mão direita	1	Sim, no pulso/mão direita	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	2	Sim, no pulso/mão esquerda	2	Sim, no pulso/mão esquerda	2	Sim, no pulso/mão esquerda	2	Sim, no pulso/mão esquerda	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	3	Sim, em ambos os pulsos/mãos	3	Sim, em ambos os pulsos/mãos	3	Sim, em ambos os pulsos/mãos	3	Sim, em ambos os pulsos/mãos	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
5.Zona superior das costas	0	Não	0	Não	0	Não	0	Não	
	1	Sim	1	Sim	1	Sim	1	Sim	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
6.Zona inferior das costas	0	Não	0	Não	0	Não	0	Não	
	1	Sim	1	Sim	1	Sim	1	Sim	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
7. Quadril/ Coxas	0	Não	0	Não	0	Não	0	Não	
	1	Sim	1	Sim	1	Sim	1	Sim	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
8. Joelhos	0	Não	0	Não	0	Não	0	Não	
	1	Sim, no joelho direito	1	Sim, no joelho direito	1	Sim, no joelho direito	1	Sim, no joelho direito	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	2	Sim, no joelho esquerdo	2	Sim, no joelho esquerdo	2	Sim, no joelho esquerdo	2	Sim, no joelho esquerdo	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	3	Sim, em ambos os joelhos	3	Sim, em ambos os joelhos	3	Sim, em ambos os joelhos	3	Sim, em ambos os joelhos	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
9. Pernas	0	Não	0	Não	0	Não	0	Não	
	1	Sim, na perna direita	1	Sim, na perna direita	1	Sim, na perna direita	1	Sim, na perna direita	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	2	Sim, na perna esquerda	2	Sim, na perna esquerda	2	Sim, na perna esquerda	2	Sim, na perna esquerda	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	3	Sim, em ambas as pernas	3	Sim, em ambas as pernas	3	Sim, em ambas as pernas	3	Sim, em ambas as pernas	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
10. Tornozelos ou Pés	0	Não	0	Não	0	Não	0	Não	
	1	Sim	1	Sim	1	Sim	1	Sim	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Percepção Subjetiva de Borg

ESCALA DE BORG

	NÍVEL	ESFORÇO	SINAIS FÍSICOS
	1	Mínimo	Nenhum
	2	Pouco	Sensação de movimento
	3	Moderado	Forte sensação de movimento
	4	Um pouco difícil	Calor
	5	Difícil	Começa a suar
	6	Mais difícil	Moderada sudorese
	7	Muito difícil	Moderada sudorese e respiração normal
	8	Extremamente difícil	Transpiração intensa e dificuldade na respiração
	9	Esforço máximo	Sudorese máxima e exercício sem respiração
	10	Fadiga	Exaustão

Assinale as atividades que realiza colocando um “X” no nível de esforço exercido durante a tarefa (escala de 01 a 10, onde 01 caracteriza nenhum esforço e 10 o esforço máximo). Se não realiza a atividade, coloque um “X” em N.A.

ATIVIDADES	N.A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Empurrar contentor 											
Puxar contentor 											
Levantar o contentor 											
Subir e descer da plataforma 											

ATIVIDADES	N.A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Agachar (porta-a-porta) 											
Transportar (porta-a-porta) 											
Lançar (porta-a-porta) 											

APÊNDICE II

Termo de consentimento livre e esclarecido

Título do Projeto: Influência da estratégia de coleta de resíduos urbanos nas lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho

Investigador envolvido: Pamela Sant'Anna (pamelaconsuelocastro@gmail.com)

Responsável na empresa:

Supervisor: Nélson Costa (ncosta@dps.uminho.pt)

Objetivo central do estudo: O estudo tem por objetivo identificar o método de coleta de resíduos urbanos que provoque o menor impacto na saúde do trabalhador, avaliando por meio de técnicas de análise ergonômica.

Procedimento: Durante a realização do trabalho normal de coleta de resíduos urbanos, serão recolhidos dados através de filmagens, registros cinemáticos e de questionários com o objetivo de levantar os dados demográficos, avaliar a percepção subjetiva de esforço físico durante a execução da atividade e identificar a sintomatologia musculoesquelética auto reportada nos últimos meses. Também será levantado eventual histórico de problemas musculoesqueléticos previamente diagnosticados.

Só serão analisados e publicados os dados obtidos através destas técnicas e **a sua identificação será totalmente sigilosa**. Para a prossecução desta finalidade,

Os questionários serão distribuídos de acordo com a numeração atribuída pelo(s) Responsável(eis) da empresa ou o seu(s) representante(s), não tendo a investigadora acesso à combinação da sua identificação com a numeração atribuída a cada trabalhador. Os dados vão ser conservados para esta finalidade pelo período de 1 (um) ano após coleta.

Tem o direito de:

i) solicitar e receber todas as informações pertinentes a respeito do tratamento de dados pessoais efetuado pela investigadora responsável;

ii) solicitar o acesso aos seus dados pessoais;

iii) retificar, apagar restringir o tratamento dos dados pessoais por parte da investigadora responsável;

Tem ainda o direito a opor-se ao tratamento dos seus dados pessoais e/ou a retirar o consentimento com efeitos futuros, a qualquer altura, sem que daí lhe advenha qualquer consequência. Basta contactar diretamente a investigadora responsável, enviando Email para pamelaconsuelocastro@gmail.com ou id8678@alunos.uminho.pt. Caso retire o consentimento prestado, a investigadora responsável, cessa imediatamente o tratamento efetuado para a finalidade em causa. Tem igualmente o direito de apresentar queixa junto da autoridade de controlo competente, a Comissão Nacional de Proteção de Dados – CNPD, se considerar que o tratamento realizado aos dados pessoais viola os seus direitos e/ou as leis de proteção de dados aplicáveis

Riscos: O preenchimento dos inquéritos, os registos cinemáticos e as filmagens durante a realização das tarefas não acarretam qualquer tipo de risco. Os riscos a que poderá estar exposto, são inerentes à normal realização das suas tarefas no seu posto de trabalho.

Benefícios: A sua participação neste estudo é voluntária, livre, específica, informada e explícita. Assim, estará a contribuir para minimizar e/ou reduzir a os riscos da atividade e para que a sua empresa possa projetar postos de trabalho mais seguros e ergonómicos. E ainda, estará também a contribuir para um trabalho de investigação que sem a sua participação não seria possível desenvolver e, no final deste, terá acesso a todos os resultados obtidos. Sempre que necessário poderá contactar-nos para o esclarecimento de dúvidas.

Declaração de anonimato: Os resultados deste estudo serão publicados para informação e benefícios deste e de outros estudos, mas **a sua identidade permanecerá sempre anónima**. Os seus dados pessoais nunca serão publicados sem o seu consentimento, a não ser requerido por lei.

Diante do exposto, eu,

_____ (Nome completo), concordo em participar de forma voluntária, livre, específica, informada e explícita no estudo anteriormente exposto. Mais ainda, cedo o meu contacto pessoal: contacto telefónico/e-mail (riscar o que não se aplica):_____, para efeitos de divulgação de resultados.

Assinatura Colaborador / Local e Data:

_____

Assinatura Investigadora responsável / Local e Data:

_____

Supervisor /Local e Data:

_____

APÊNDICE III

Protocolo experimental da Análise Cinemática do Movimento – XSENS

1. O participante realiza uma vez cada teste de MVC. Os testes consistem em levantar a carga manual com sacos e puxar, abrir, empurrar contentores de 1100 L (4 rodas) e 120 L (2 rodas) em terreno com desnível por degrau, com desnível por rampa e ao mesmo nível conforme sumarizado na Tabela 1. Variar aleatoriamente a ordem de realização dos testes entre participantes.

Tipo de coleta	Cargas kg	Condições de Análise		
		Com desnível por degrau	Com desnível por Rampa	Ao mesmo nível
Contentor de 120 L	20	x	x	x
Contentor de 1100 L	50	x	x	x
Balde de 95 L	10	A carga será elevada e transportada a uma distância de 3 metros do local de deposição final em terreno de mesmo nível		
Sacos	05			
Sacos	10			

2. Depois do participante ler e assinar o termo de consentimento livre e informado e de serem recolhidos os dados individuais para caracterização da amostra (registrados na ficha de registro de dados), explicar as características e as fases de cada teste, dando as seguintes instruções:

(i) Iniciar cada tarefa após o aviso oral;
(ii) Realizar tarefa teste para mostrar como deve executá-la e aguardar 1 minuto para iniciar a coleta dos dados;
(iii) Agachar-se para pegar o saco de 5 kg, elevar o saco com (2 ou 1 mão), transportar o saco por uma distância de 3 metros até o local de destino e lançar o saco a altura igual ou superior altura do contentor de 1100 L. Aguardar 2 minutos de descanso para iniciar a mesma tarefa com o saco de 10 kg;
(iv) Aguardar 1 minuto para iniciar o teste com contentor.
(v) Puxar o contentor de 1100 L com carga, há uma distância de 3 metros, em terreno com desnível por degrau, com desnível por rampa e ao mesmo nível, em seguida abrir a tampa do contentor;
(vi) Realizar as tarefas com os contentores utilizando as duas mãos à altura suporte para as mãos;
(vii) Não realizar movimentos abruptos;
(viii) Realizar a tarefa do modo mais confortável para cada indivíduo;
(ix) Aguardar 1 minuto de descanso para realizar mesmo procedimento dos itens IV com o contentor de 120 L (2 rodas). Nesta etapa o trabalhador poderá utilizar uma mão, posicionada à altura do suporte para as mãos.

3. Realizar a medição dos segmentos corporais (centímetros), conforme as dimensões apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Medidas das dimensões corporais

Região corporal	Dimensões
Altura do Corpo	Medir a altura corporal
Comprimento do pé ou sapato	Medir o tamanho do pé ou sapato. Mede-se o extremo do calcanhar ao extremo do dedão
Altura do ombro	Distância do chão até a C7
Largura do ombro	Medir a largura dos ombros. Mede-se a distância entre o acrômio esquerdo ao direito.
Envergadura do cotovelo	Distância entre os olecrânios direito e esquerdo
Envergadura do pulso	Distância dos punhos (ulnar) direito e esquerdo
Envergadura do braço	Medir a envergadura do braço. Distância dos dedos esquerdo e direito
Altura do quadril	Medir a altura do quadril, desde o piso até o trocânter maior
Largura do quadril	Medir a ilíaca anterossuperior para saber a largura do quadril, de modo que coincida com o centro da perna
Altura do joelho	Medir a altura do joelho, desde o piso até o epicôndilo lateral
Altura do tornozelo	Medir a altura do tornozelo, desde o piso até o centro do tornozelo

4. Fixar os sensores inerciais nos segmentos corporais conforme Figura 1 e 2, seguindo as orientações apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Posicionamento dos sensores nos segmentos corporais

Índice	Segmentos	Descrição	Origem do quadro do segmento
1	Cabeça	Segmento final acima da junta C1 Cabeça.	C1Cabeça
2	Esterno (T8)	Segmento entre as juntas T9T8 e T1C7	T9T8
3	L5	Segmento entre as juntas L5S1 e L4L3	L5S1
4	Ombro direito	Segmento entre as articulações C7 Ombro direito e Braço superior direito GH	C7Ombro Direito
5	Braço Superior Direito	Segmento entre as articulações Braço Superior Direito GH e Ombro Direito	Braço Superior Direito
6	Braço anterior direito	Segmento entre as articulações Ombro Direito e Punho Direito	Cotovelo Direito
7	Mão direita	Segmento final após articulação Punho Direito.	Pulso direito
8	Ombro esquerdo	Segmento entre as articulações C7 Ombro Esquerdo e Braço Superior Esquerdo GH	C7Ombro esquerdo
9	Braço Superior Esquerdo	Segmento entre as articulações Braço superior esquerdo GH e ombro esquerdo	Braço superior esquerdo GH

10	Braço anterior esquerdo	Segmento entre as articulações ombro esquerdo e punho esquerdo	Esquerdo Cotovelo
11	Mão esquerda	Segmento final após articulação punho esquerdo	Pulso Esquerdo
12	Perna Superior Direita	Segmento entre as articulações quadril direito e joelhões direito	Quadril Direita
13	Perna Direita	Segmento entre as articulações joelho direito e tornozelo direito	Joelho Direito
14	Pé direito	Segmento entre as articulações tornozelo direito e dedos do pé direito	Tornozelo Direito
15	Perna Superior Esquerda	Segmento entre as articulações quadril esquerdo e joelhos esquerdo	Quadril Esquerdo
16	Perna Esquerda	Segmento entre as juntas joelho esquerdo e tornozelo esquerdo	Joelho Esquerdo
17	Pé esquerdo	Segmento entre as articulações tornozelo esquerdo e dedos do pé esquerdo	Tornozelo Esquerdo

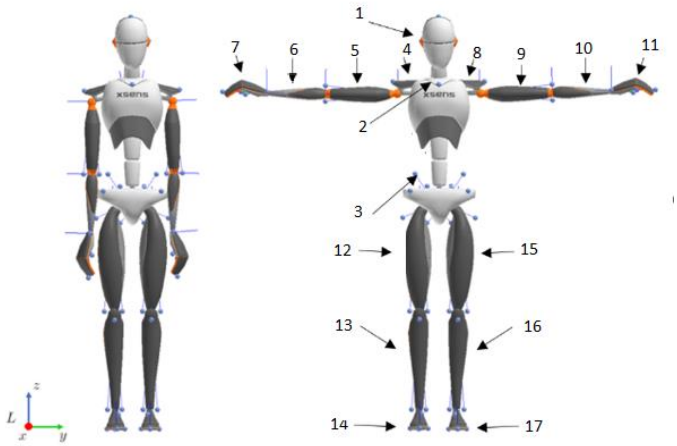


Figura 1. Indicações dos diferentes segmentos no avatar.

As setas apontam para o segmento com o respectivo índice conforme Tabela 3 de segmentos acima.

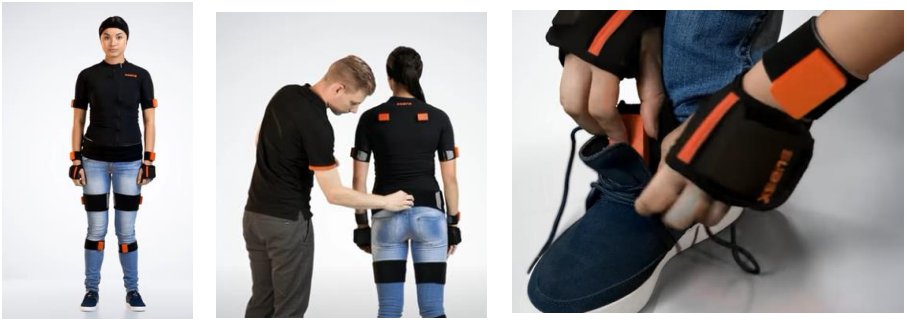


Figura 2. Indicações do posicionamento dos sensores nos diferentes segmentos corporais.

5. Clicar em novo arquivo para iniciar uma nova coleta. Em *"Motion Capture Configuration – New Session"* inserir as medidas dos segmentos corporais conforme descrito na tabela 1. Colocar *"on"*, verificar se todos os sensores foram capturados clicando na opção . Em *"Suit*

Configuration" colocar a opção *"full body".* Em *"Accept system"* colocar a opção *"Any"* à uma frequência de 120Hz. Em seguida salvar as informações do voluntário e clicar em "OK".

6. Realizar a calibração, selecionar *"N pose*" seleciona a opção "*calibrate".* Solicitar para o voluntário ficar na posição de calibração. Em seguida clica em "start" para iniciar a calibração. Nesta fase, aguardar aproximadamente 4s e solicitar para o voluntário caminhar. Aguardar o processamento, e a confirmação que a calibração foi realizada com sucesso.
7. Iniciar a gravação na opção com botão vermelho e solicitar para o participante executar as tarefas de forma aleatória conforme consta na Tabela 1 e item 2 deste Protocolo.
8. Finalizar a gravação no botão vermelho.

APÊNDICE IV

Termo de consentimento livre e esclarecido para os testes de EMG

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO N°____
Título do estudo: Influência da Estratégia de Coleta de Resíduos Urbanos nas Lesões Musculoesqueléticas relacionadas com o Trabalho

Investigadora envolvida: Pamela Consuelo Castro e Sant'Anna (pamelaconsuelocastro@gmail.com; 916 109 637)
Orientador responsável: Professor Nélson Costa (Departamento de Produção e Sistemas)
Objetivo central do estudo: Analisar a influência dos métodos de coleta de resíduos no risco de lesões musculoesquelética.

Procedimentos: Em laboratório, realizará tarefas de agachar, elevar, transportar e lançar sacos de 5 e 10Kg, livremente à altura do contentor de 1100 L. Em seguida, realizará tarefas de agachar, elevar, transportar e descarregar balde de 95 L com carga de 10kg. Depois o participante irá puxar, abrir e empurrar contentor de 1100 L com 50 kg de carga, em terreno com desnível por degrau, com desnível por rampa e ao mesmo nível. O mesmo procedimento será realizado com um contentor de 120 L com carga de 20kg. As tarefas propostas têm por finalidade simular a atividade coleta de resíduos urbanos. As tarefas serão realizadas 9 vezes (2 com sacos, 1 balde e 6 com contentores).

Durante a realização das referidas tarefas, serão recolhidos dados através de uma técnica **não invasiva**, nomeadamente: eletromiografia de superfície, consiste na colocação de pares elétrodos de superfície que registram os sinais elétricos emitidos pelos músculos, permitindo medir a atividade muscular durante a realização das tarefas. Estes elétrodos são constituídos por uma película adesiva que permite fixá-los na pele. Na zona de colocação dos elétrodos a pele será previamente preparada com corte das pilosidades eventualmente existentes (com lâmina descartável), ligeira exfoliação da pele com lixa fina e passagem de algodão embebido em álcool etílico (se possuir pele atópica, esta etapa não será realizada);

Além disso, durante a realização das tarefas serão registados dados cinemáticos referentes às posturas e movimentos adotados, através da instalação de sistema de captação Xsens, composto por uma *t-shirt* e 17 sensores inerciais instalados nos segmentos corporais, os quais registram os dados em Software via Bluetooth.
Adicionalmente as tarefas poderão ser filmadas. As filmagens têm por objetivo avaliar a postura corporal antes e durante a execução das tarefas.

Antes da realização das tarefas serão igualmente recolhidos dados individuais para posterior caracterização da amostra, tais como: idade, peso, estatura, mão dominante, profissão e se possui lesão musculoesquelética.

Só serão analisados e publicados os dados obtidos através desta técnica e a sua identificação será totalmente sigilosa. Os dados vão ser conservados para esta finalidade pelo período de 1 (um) ano após coleta.

Tem o direito de:
i) solicitar e receber todas as informações pertinentes a respeito do tratamento de dados pessoais efetuado pela investigadora responsável;
ii) solicitar o acesso aos seus dados pessoais;

iii) retificar, apagar ou restringir o tratamento dos dados pessoais por parte da investigadora responsável;

Tem ainda o direito a opor-se ao tratamento dos seus dados pessoais e/ou a retirar o consentimento com efeitos futuros, a qualquer altura, sem que daí lhe advenha qualquer consequência. Basta contactar diretamente a investigadora responsável, enviando e-mail para pamelaconsuelocastro@gmail.com ou id8678@alunos.uminho.pt.
Caso retire o consentimento prestado, a investigadora responsável, cessa imediatamente o tratamento efetuado para a finalidade em causa.
Tem igualmente o direito de apresentar queixa junto da autoridade de controlo competente, a Comissão Nacional de Proteção de Dados – CNPD, se considerar que o tratamento realizado aos dados pessoais viola os seus direitos e/ou as leis de proteção de dados aplicáveis

Riscos: A técnica usada no presente estudo é frequentemente usada em humanos e acarreta riscos residuais para a sua saúde e bem-estar. O risco mais verificado em outros estudos deste tipo, mas pouco frequente, é a ocorrência momentânea de uma ligeira irritação da pele na zona dos elétrodos de eletromiografia. Tal fato será prevenido com a aplicação de um creme hidratante no final da coleta de dados.

Benefícios: A sua participação neste estudo é voluntária. Assim, estará a contribuir para um trabalho de investigação que sem a sua participação não seria possível desenvolver e, no final deste, terá acesso a todos os resultados obtidos. E sempre que necessário poderá contactar-nos
para o esclarecimento de dúvidas.

Declaração de anonimato: Os resultados deste estudo serão publicados para informação e benefícios deste e de outros estudos, mas a sua identidade permanecerá sempre anónima. Os seus dados pessoais nunca serão publicados sem o seu consentimento, a não ser requerido por lei.

Diante do exposto, eu,_____
_____ (Nome completo), concordo em participar de forma voluntária, livre, específica, informada e explícita no estudo anteriormente exposto. Mais ainda, cedo o meu contacto pessoal: contacto telefónico/e-mail (riscar o que não se aplica): _____, para efeitos de divulgação de resultados.

Assinatura Colaborador / Local e Data:

Assinatura:_____
_____, ____/ ____/ ____

Investigadora responsável:
_____
Pamela Sant'Anna

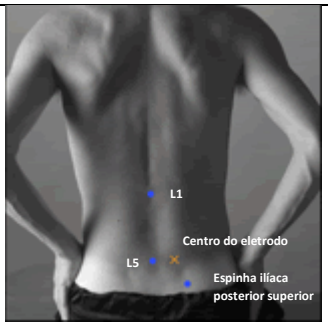
Orientador responsável:
_____
(Prof. Nélson Costa)

APÊNDICE V

Protocolo de coleta e processamento de dados EMG

1. Explicação e preenchimento do termo de consentimento livre e esclarecido.
2. Explicação sobre o teste e realização da tarefa.
3. Preenchimento da ficha de registro de dados de teste EMG.
4. Marcação do centro de colocação dos pares de eletrodos em ambos os lados, conforme recomendado pelo SENIAM Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM, 2023), à uma distância de 2 cm entre pares de eletrodos.
5. Tricotomia da pele nas zonas de interesse em que serão fixados os eletrodos, incluindo a zona de referência. A preparação da pele consiste na retirada da pilosidades em torno do centro de colocação dos pares de eletrodos (aproximadamente 30 mm) com lâmina descartável. Retirar as células mortas da zona de interesse com lixa, com frequência de 3 a 4 vezes (não realizar esta etapa se a pele do participante for atópica). Em seguida limpar a área com álcool e algodão.
6. Instalação os eletrodos nas zonas de interesse, conforme Tabela 1, com uso de fita hipoalergênica para auxiliar na fixação e evitar deslocações.

Tabela 1. Fixação dos eletrodos nos músculos de interesse

Músculo	Localização do eletrodo	Procedimento de colocação do sensor recomendado	Localização do centro do eletrodo	Orientação do eletrodo
Multífido esquerdo e direito		Sentado com as colunas vertebrais lombares levemente flexionadas	Os eletrodos precisam ser colocados e alinhados com uma linha da ponta caudal Inserção Origem espinha ilíaca posterior superior ao interespaço entre o interespaço L1 e L2 ao nível do processo espinhoso de L5 (ou seja, cerca de 2 a 3 cm da linha média	Na direção da linha descrita acima.

Trapézio superior esquerdo e direito		Sentado ereto, com os braços pendurados verticalmente	Os eletrodos precisam ser colocados a 50% na linha do acrômio para a coluna na vértebra C7.	Na direção da linha entre o acrômio e a coluna vértebra C7
Iliocostal		Sentado com as colunas vertebrais lombares levemente flexionadas	Os eletrodos precisam ser colocados 1 dedo de largura medial a partir da linha da espinha ilíaca posterior superior ao ponto mais baixo da costela inferior, ao nível de L2.	Na direção da linha entre a espinha ilíaca superior posterior e ponto mais baixo da costela inferior
Longíssimo		Sentado com as colunas vertebrais lombares levemente flexionadas	Os eletrodos precisam ser colocados na lateral de 2 dedos de largura do proc. Rodar de L1	Vertical

7. Fixação dos cabos aos eletrodos, conexão ao eletromiógrafo e fixação do equipamento na vestimenta do voluntário. A Tabela 2, mostra como deve ser realizada a conexão dos cabos dos eletrodos com os canais do equipamento.

Tabela 2. Conexão dos cabos eletrodos nos canais

Canais do Eletromiógrafo	Conexão dos cabos do eletrodo conforme a zona de interesse
1	Trapézio superior lado esquerdo
2	Iliocostal em L2 lado esquerdo
3	Longuíssimo em L1 lado esquerdo
4	Multífido lado esquerdo
5	Trapézio superior lado direito
6	Iliocostal em L2 lado direito
7	Longuíssimo em L1 lado direito
8	Multífido lado direito
G (Ground)	Eletrodo de referência fixado na C7

8. Aguardar 3 minutos antes de fazer a coleta de sinais de EMG.

9. Conectar o equipamento com o computador via bluetooth, conferir a sincronização da conexão do software Opens Sinals (r)evolution, através da opção "enable" apresentada na cor azul. Confirmar a frequência de amostragem em 1000 Hz em todos os canais e selecionar a opção de coleta de EMG.

10. Selecionar, no software de coleta, a designação CMV e realizar as tarefas descritas conforme o item 10.1 deste protocolo. Para obter um CMV para normalização dos dados EMG, foram efetuados três testes de 5 s com 1 minuto de descanso entre cada tentativa.

11. Coleta dos dados

11.1. O voluntário fará os movimentos para coleta da CMV

11.1.1. **Trapézio superior:** foi aplicada resistência ao cotovelo com o ombro posicionado em 90° de abdução, com o pescoço fletido lateralmente para o mesmo lado e rodado para o lado oposto, enquanto se aplicava simultaneamente resistência à cabeça (Ekstrom et al., 2005).

11.1.2. **Músculos eretores da coluna:** frontalmente encostado a uma parede realizar a extensão das costas e uma extensão das com costas com inclinação lateral direita e esquerda (Cardoso, 2019).

12. Salvar e renomear o arquivo com a descrição do número do teste e CMV.

13. Simular a execução da tarefa de coleta

13.1.1. O participante realiza uma vez cada teste de EMG. Os testes consistem em levantar a carga manual com sacos e balde de 95 L; e puxar, abrir, empurrar contentores de 1000 L (4 rodas) e 120 L (2 rodas) em terreno com desnível por degrau, com desnível por rampa e ao mesmo nível, conforme sumarizado na Tabela 1. Variar aleatoriamente a ordem de realização dos testes entre participantes.

Tabela 1 Descrição das tarefas

Tipo de coleta	Cargas kg	Condições de Análise		
		Com desnível por degrau	Com desnível por Rampa	Ao mesmo nível
Contentor de 120 L	20	x	x	x
Contentor de 1000 L	50	x	x	x
Balde de 95 L	10	A carga será elevada e transportada há uma distância de 3 metros do local de deposição final		
Sacos	05	A carga será elevada e transportada há uma distância de 3 metros do local de deposição final		
Sacos	10			

13.1.2. Depois do participante ler e assinar o termo de consentimento livre e informado e de serem recolhidos os dados individuais para caracterização da amostra (registrados na ficha de registro de dados), explicar as características e as fases de cada teste, dando as seguintes instruções:

(x) Iniciar cada tarefa após o aviso oral;

(xi) Realizar tarefa teste para mostrar como deve executá-la e aguardar 1 minuto para iniciar a coleta dos dados;

(xii) Agachar-se para pegar o saco de 5 kg, elevar o saco com (2 ou 1 mão), transportar o saco por uma distância de 3 metros até o local de destino e lançar o saco a altura igual ou superior altura do contentor de 1000 L. Aguardar 2 minutos de descanso para iniciar a mesma tarefa com o saco de 10 kg;

(xiii) Aguardar 1 minuto para iniciar o teste com o balde de 95 L.

(xiv) Agachar-se para pegar o balde com carga de 10 kg, elevá-lo e transportá-lo por uma distância de 3 metros até o local de destino e lançá-lo a uma altura igual ou superior altura do contentor de 1000 L.

(xv) Aguardar 1 minuto para iniciar o teste com o contentor.

(xvi) Puxar o contentor de 1000 L com carga, há uma distância de 3 metros, em terreno com desnível por degrau, com desnível por rampa e ao mesmo nível, em seguida abrir a tampa do contentor;

(xvii) Realizar as tarefas com os contentores utilizando as duas mãos à altura suporte para as mãos;

(xviii) Não realizar movimentos abruptos;

(xix) Realizar a tarefa do modo mais confortável para cada indivíduo;

(xx) Aguardar 1 minuto de descanso para realizar mesmo procedimento dos itens IV com o contentor de 120 L (2 rodas). Nesta etapa o trabalhador poderá utilizar uma mão, posicionada à altura do suporte para as mãos.

13.1.3. Após a coleta de dados, parar a registro e salvar com a descrição do número de teste.

APÊNDICE VI

Ficha de Registro de dados dos testes de EMG e ACM

Data:_____/_____/_____ N° Termo de Consentimento:_____

Idade:_____ Profissão: _____

Altura:_____ m Peso:_____kg Mão dominante:_____

Possui lesão musculoesquelética? _____

1. Dimensões dos segmentos corporais para ACM

Região corporal	Dimensões	Medidas
Altura do Corpo	Medir a altura corporal	
Comprimento do pé ou sapato	Medir o tamanho do pé ou sapato. Mede-se o extremo do calcanhar ao extremo do dedão	
Altura do ombro	Distância do chão até a C7	
Largura do ombro	Medir a largura dos ombros. Mede-se a distância entre o acrômio esquerdo ao direito.	
Envergadura do cotovelo	Distância entre os olecrânios direito e esquerdo	
Envergadura do pulso	Distância dos punhos (ulnar) direito e esquerdo	
Envergadura do braço	Medir a envergadura do braço. Distância dos dedos esquerdo e direito	
Altura do quadril	Medir a altura do quadril, desde o piso até o trocânter maior	
Largura do quadril	Medir a ilíaca anterossuperior para saber a largura do quadril, de modo que coincida com o centro da perna	
Altura do joelho	Medir a altura do joelho, desde o piso até o epicôndilo lateral	
Altura do tornozelo	Medir a altura do tornozelo, desde o piso até o centro do tornozelo	
Altura do Corpo	Medir a altura do sapato	

2. Tarefas de MVC
    a. **Trapézio superior:** foi aplicada resistência ao cotovelo com o ombro posicionado em 90° de abdução, com o pescoço fletido lateralmente para o mesmo lado e rodado para o lado oposto, enquanto se aplicava simultaneamente resistência à cabeça (Ekstrom et al., 2005).

    b. **Músculos eretores da coluna:** frontalmente encostado a uma parede realizar a extensão das costas e uma extensão das com costas com inclinação lateral direita e esquerda.

3. Tarefas de EMG e marcadores de início e fim da tarefa

Lista de tarefas	Nº de ordem de execução	Início do movimento (seg)		Fim do movimento-lançar (seg)		Hora
1. Agachar, elevar, transportar e lançar saco de 5kg						
2. Agachar, elevar, transportar e lançar saco de 10kg						
3. Agachar, elevar, transportar e descarregar balde de 10kg						
	Nº de ordem de execução	Início do movimento-puxar (seg)	Empurrar (seg)	Abrir e Fechar (seg)	Fim do movimento (seg)	Hora
4. Puxar, abrir e empurrar contentor de 1100 l com 50kg em terreno com desnível por degrau						
5. Puxar, abrir e empurrar contentor de 1100 l com 50kg em terreno com desnível por rampa						
6. Puxar, abrir e empurrar contentor de 1100 l com 50kg em terreno com mesmo nível						
7. Puxar, abrir e empurrar contentor de 120 l com 20kg						

em terreno com desnível por degrau						
8. Puxar, abrir e empurrar contentor de 120 l com 20kg em terreno com desnível por rampa						
9. Puxar, abrir e empurrar contentor de 120 l com 20kg em terreno com mesmo nível						

4. Recomendações:

(xxi) Iniciar cada tarefa após o aviso oral;

(xxii) Elevar e transportar o saco com (2 ou 1 mão). Lançar à altura superior ao contentor;

(xxiii) Realizar as tarefas com os contentores utilizando as duas mãos à altura suporte para as mãos;

(xxiv) Não realizar movimentos abruptos.

(xxv) Em voz alta dizer as etapas do movimento (Início e Fim) para ajudar na cronometragem.