



Impacto das melhorias ergonómicas na produtividade, segurança e saúde dos trabalhadores

DIOGO JÚLIO FERREIRA ESPOGEIRA SANTOS

Setembro de 2025

**Impacto das melhorias ergonómicas na
produtividade, segurança e saúde dos
trabalhadores**

Diogo Júlio Ferreira Espogeira Santos

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica, Área de Especialização em
Gestão Industrial**

Orientadora: Eng^a. Maria Antónia Maio Nunes Da Silva Gonçalves

Júri:

Presidente:

[Nome do Presidente, Categoria, Escola]

Vogais:

[Nome do Vogal1, Categoria, Escola]

[Nome do Vogal2, Categoria, Escola] (até 4 vogais)

Porto, setembro 2025

Agradecimentos

A realização desta dissertação não teria sido possível sem o apoio, a inspiração e a presença de pessoas muito especiais na minha vida, às quais expresso a minha mais profunda gratidão.

À Engenheira Maria Antónia Maio Nunes Da Silva Gonçalves, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, manifesto o meu profundo agradecimento pela sua orientação atenta e pelos valiosos contributos ao longo deste trabalho.

Ao Engenheiro Paulo Carvalho Sánchez, meu mentor na engenharia, por me guiar com exigência e generosidade, pelos ensinamentos que me moldaram e por acreditar em mim quando eu duvidei. O seu apoio deu-me rumo e coragem para chegar até aqui. Este trabalho leva também a sua marca.

Aos meus pais, Paulo e Susana, agradeço por todo o apoio incondicional ao longo da minha vida e por me proporcionarem sempre tudo o que estive ao seu alcance para que eu pudesse trilhar o melhor caminho possível. Obrigado por acreditarem sempre em mim.

Às minhas irmãs, futuras Dras. Raquel e Rita Santos, que, provavelmente sem o saberem, são a minha maior inspiração. A sua dedicação, capacidade de trabalho e persistência em superar desafios são qualidades que admiro profundamente e que espero, um dia, poder igualar.

À minha namorada, Catarina Mota, pelo apoio constante, pela compreensão nos momentos de maior exigência e por me lembrar, tantas vezes, de respirar fundo e continuar.

Aos meus avós maternos, avó Mima e avô Xico, pelo incentivo, pelas palavras certas nos momentos difíceis e por todo o apoio ao longo desta jornada

Aos meus padrinhos, tia Irene e tio Edmundo, pela presença discreta mas firme, pelo carinho e por estarem sempre presentes ao longo da minha vida.

Aos meus amigos, pelo companheirismo, pelas palavras de encorajamento e por todos os momentos de descontração que tanto ajudaram a equilibrar esta caminhada.

E, por último, mas nunca menos importante, aos meus avós paternos, avô Guga e avó Coca, que tiveram a alegria de me ver iniciar este percurso, mas que, infelizmente, não puderam testemunhar a sua conclusão. Foram para mim verdadeiros segundos pais, uma fonte de inspiração constante, acreditando em mim de forma inabalável. Esta conquista é, também, deles. Em vossa memória, deixo aqui um agradecimento que é, acima de tudo, um abraço eterno.

Resumo

A presente dissertação avalia o impacto de melhorias ergonómicas na produtividade, segurança e saúde, aplicadas a um posto de soldadura numa empresa do setor da construção modular (KAMOS, Lda).

O estudo seguiu uma abordagem em três momentos: diagnóstico inicial das queixas músculo-esqueléticas através do Questionário Nórdico Musculoesquelético (QNM-E), avaliação postural com o método Rapid Entire Body Assessment (REBA) seguido de intervenção sustentada por dados antropométricos, culminando no ajuste da altura da mesa de soldadura para 1115 mm. Passados 30 dias, a intervenção foi reavaliada com os mesmos métodos utilizados anteriormente. Verificou-se uma redução substancial do risco postural. A sintomatologia melhorou de forma clinicamente relevante, com eliminação da dor lombar e redução da dor na região do pescoço, mantendo-se inalterada a queixa no punho/mão, atribuída às exigências do processo e equipamento. O tempo médio de ciclo aumentou de 96 segundos para 113 segundos o que representa um aumento médio do tempo de ciclo de 17 segundos. Este aumento de tempo de ciclo não provocou nenhuma diminuição de produção diária, resultado do menor número de microparagens por desconforto, demonstrando que ganhos ergonómicos se traduzem em eficiência de todo o sistema e não apenas em tempos de operação.

O estudo, de natureza caso único e com horizonte de 30 dias, apresenta limitações à generalização e à inferência causal estrita. Ainda assim, oferece um caminho replicável (diagnóstico-intervenção-reavaliação) e evidencia que pequenas alterações físicas, quando adequadamente dimensionadas, podem produzir ganhos cumulativos em saúde, estabilidade do processo e do desempenho. Conclui-se que ajustes simples e mensuráveis, baseados em ergonomia e antropometria, potenciam benefícios cumulativos em saúde e desempenho.

Palavras-chave: Ergonomia, Antropometria, Lesões músculo-esqueléticas, Produtividade, Saúde.

Abstract

The present dissertation assesses the impact of ergonomic improvements on productivity, safety, and health at a welding workstation in a modular construction company (KAMOS, Lda). The study followed a three-stage approach: an initial diagnosis of musculoskeletal complaints using the Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ-E), postural assessment with the Rapid Entire Body Assessment (REBA) method followed by an intervention informed by anthropometric data, culminating in adjusting the welding table height to 1115 mm. After 30 days, the intervention was reassessed using the same methods. A substantial reduction in postural risk was observed. Symptoms improved in a clinically meaningful way, with elimination of low back pain and a reduction in neck pain, while the wrist/hand complaint remained unchanged, attributed to the demands of the process and equipment. The average cycle time increased from 96 seconds to 113 seconds, representing a 17 seconds increase. This longer cycle time did not cause any decrease in daily output, due to fewer micro-stoppages from discomfort, demonstrating that ergonomic gains translate into whole-system efficiency rather than merely shorter operation times. Given its single-case design and 30-day horizon, the study has limitations with respect to generalizability and strict causal inference. Even so, it offers a replicable pathway (diagnosis–intervention–reassessment) and shows that small physical changes, when properly dimensioned, can yield cumulative benefits in health, process stability, and performance. It concludes that simple, measurable adjustments based on ergonomics and anthropometry can amplify cumulative health and performance gains.

KEYWORDS: Ergonomics, Anthropometry, Musculoskeletal disorders, Productivity, Health.

Índice

| | |
|---|------|
| Lista de Figuras..... | xii |
| Lista de Tabelas..... | xiv |
| Acrónimos e Símbolos..... | xvii |
| 1. Introdução..... | 1 |
| 1.1. Enquadramento do trabalho..... | 1 |
| 1.2. Apresentação da empresa | 2 |
| 1.3. Objetivos do trabalho..... | 2 |
| 1.4. Estrutura do relatório..... | 3 |
| 2. Revisão Bibliográfica | 5 |
| 2.1. Ergonomia | 5 |
| 2.1.1. Definição, Objetivos e Domínios da Ergonomia | 5 |
| 2.2. Antropometria..... | 7 |
| 2.2.1. Definição e tipos de Antropometria | 7 |
| 2.3. Contributos da Ergonomia e da Antropometria no Design do Posto de Trabalho | 8 |
| 2.4. A Influência da Postura e Movimento no Desempenho e Saúde | 9 |
| 2.4.1. Lesões Musculoesqueléticas..... | 9 |
| 2.4.2. Principais Causas das Lesões Musculoesqueléticas..... | 10 |
| 2.5. Métodos de Avaliação Ergonómica..... | 10 |
| 2.5.1. Método OWAS | 10 |
| 2.5.2. Método RULA..... | 11 |
| 2.5.3. Método REBA..... | 13 |
| 2.5.4. Equação de NIOSH | 15 |
| 2.5.5. Método Strain Index | 16 |
| 2.5.6. Questionário Nórdico Musculoesquelético | 18 |
| 2.6. Impactos da Ergonomia na Produtividade e Bem-Estar | 19 |
| 2.6.1. Relação Entre Ergonomia e Desempenho no Trabalho | 19 |
| 2.6.2. Benefícios da Implementação de Soluções Ergonómicas..... | 20 |
| 2.7. Avanços tecnológicos e Inovações na Ergonomia..... | 20 |
| 2.7.1. O Papel da Automação e Robótica na Ergonomia | 21 |
| 3. Avaliação Ergonómica – Posto de Soldadura..... | 23 |
| 3.1. Questionário Nórdico Músculo-esquelético | 23 |
| 3.2. Aplicação do método de avaliação ergonómica REBA..... | 25 |
| 3.2.1. Avaliação da posição 1..... | 27 |
| 3.2.2. Avaliação da posição 2..... | 31 |
| 3.3. Condições atuais de trabalho e proposta de melhoria | 34 |

| | |
|---|----|
| 4. Resultados e Discussão | 39 |
| 4.1. Questionário Nórdico Músculo-esquelético | 39 |
| 4.2. Reavaliação postural segundo o método REBA | 41 |
| 4.3. Impacto na produtividade | 49 |
| 5. Conclusão | 53 |
| 5.1. Conclusões finais | 53 |
| 5.2. Limitações e trabalhos futuros | 54 |
| Referências | 57 |
| Declaração de Integridade | 63 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Domínios da ergonomia (IEA, s.d.)..... | 6 |
| Figura 2- Dimensões antropométricas estáticas (Wickens et al., 2004)..... | 7 |
| Figura 3- Dimensões antropométricas dinâmicas (Iida & Buarque, 2016) | 8 |
| Figura 4- Classificação de Posturas segundo o método OWAS (Lima et al., 2015)..... | 11 |
| Figura 5- Descrição do procedimento de aplicação do método RULA (Santos, 2009) | 12 |
| Figura 6- Registo de pontuações REBA nos grupos A e B (Santos, 2009) | 14 |
| Figura 7- Registo das pontuações no método REBA (Pinto, 2023) | 14 |
| Figura 8- Conceitos relativos a parâmetros inerentes à equação (Teixeira et al., 2011) | 16 |
| Figura 9- Conceitos relativos a parâmetros inerentes à equação (Teixeira et al., 2011) | 16 |
| Figura 10- Níveis possíveis de intensidade do esforço, % de duração do esforço por ciclo, esforços por minutos, postura mão/pulso, velocidade e duração diária (Santos, 2009)..... | 17 |
| Figura 11- Representação gráfica da leitura do resultado do método SI (Santos, 2009) | 17 |
| Figura 12- Áreas de avaliação do Questionário Nórdico Músculo-Esquelético VP (Pinto, 2023) | 18 |
| Figura 13- Aplicação do Questionário Nórdico Músculo-esquelético | 24 |
| Figura 14- Posição 1 | 25 |
| Figura 15- Posição 2 | 26 |
| Figura 16- Pontuação REBA final para a posição 1..... | 30 |
| Figura 17- Pontuação final REBA para a posição 2..... | 33 |
| Figura 18- Altura inicial das mesas..... | 35 |
| Figura 19- Aplicação do questionário Nórdico Musculoesquelético após intervenção..... | 40 |
| Figura 20- Posição 3 | 41 |
| Figura 21- Pontuação final REBA para a posição 3..... | 44 |
| Figura 22- Posição 4 | 45 |
| Figura 23- Pontuação final REBA para a posição 4..... | 48 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1- Diretrizes de cotação REBA Grupo A..... | 27 |
| Tabela 2- Diretrizes de cotação REBA Grupo B..... | 27 |
| Tabela 3- Cotação dos segmentos do Grupo A para a posição 1..... | 27 |
| Tabela 4- Cotação dos segmentos do Grupo B para a posição 1..... | 28 |
| Tabela 5- Cotação REBA do Grupo A para a posição 1..... | 28 |
| Tabela 6- Cotação REBA do Grupo B para a posição 1..... | 28 |
| Tabela 7- Cotação dos fatores força/carga para a posição 1..... | 29 |
| Tabela 8- Cotação dos fatores qualidade/tipo de pega para a posição 1..... | 29 |
| Tabela 9- Conjugação das pontuações dos Grupos A e B para a posição 1..... | 29 |
| Tabela 10- Pontuação de atividade na posição 1..... | 29 |
| Tabela 11- Níveis de risco e necessidade de ação para a posição 1..... | 30 |
| Tabela 12- Cotação dos segmentos do Grupo A para a posição 2..... | 31 |
| Tabela 13- Cotação dos segmentos do Grupo B para a posição 2..... | 31 |
| Tabela 14- Cotação REBA do Grupo A para a posição 2..... | 31 |
| Tabela 15- Cotação REBA do Grupo B para a posição 2..... | 32 |
| Tabela 16- Cotação dos fatores força/carga para a posição 2..... | 32 |
| Tabela 17- Cotação dos fatores qualidade/tipo de pega para a posição 2..... | 32 |
| Tabela 18- Conjugação das pontuações dos Grupos A e B para a posição 2..... | 33 |
| Tabela 19- Pontuação de atividade na posição 2..... | 33 |
| Tabela 20- Níveis de risco e necessidade de ação para a posição 2..... | 34 |
| Tabela 21 - Tabela antropométrica (Lima, 2012)..... | 36 |
| Tabela 22- Valores de distribuição normal – tabela de Gauss..... | 37 |
| Tabela 23- Cotação dos segmentos do Grupo A para a posição 3..... | 41 |
| Tabela 24- Cotação dos segmentos do Grupo B para a posição 3..... | 42 |
| Tabela 25- Cotação REBA do Grupo A para a posição 3..... | 42 |
| Tabela 26- Cotação REBA do Grupo B para a posição 3..... | 42 |
| Tabela 27- Cotação dos fatores força/carga para a posição 3..... | 43 |
| Tabela 28- Cotação dos fatores qualidade/tipo de pega para a posição 3..... | 43 |
| Tabela 29- Conjugação das pontuações dos Grupos A e B para a posição 3..... | 43 |
| Tabela 30- Pontuação de atividade na posição 3..... | 43 |
| Tabela 31- Níveis de risco e necessidade de ação para a posição 3..... | 44 |
| Tabela 32- Cotação dos segmentos do Grupo A para a posição 4..... | 45 |
| Tabela 33- Cotação dos segmentos do Grupo B para a posição 4..... | 46 |
| Tabela 34- Cotação REBA do Grupo A para a posição 4..... | 46 |
| Tabela 35- Cotação REBA do Grupo B para a posição 4..... | 46 |
| Tabela 36- Cotação dos fatores força/carga para a posição 4..... | 46 |
| Tabela 37- Cotação dos fatores qualidade/tipo de pega para a posição 4..... | 47 |
| Tabela 38- Conjugação das pontuações dos Grupos A e B para a posição 4..... | 47 |
| Tabela 39- Pontuação de atividade na posição 4..... | 47 |
| Tabela 40- Níveis de risco e necessidade de ação para a posição 4..... | 48 |

| | |
|---|----|
| Tabela 41 - Tempos antes da alteração | 50 |
| Tabela 42 - Tempos após alterações..... | 50 |

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

| | |
|---------|---|
| ISEP | Instituto Superior de Engenharia do Porto |
| P.Porto | Instituto Politécnico do Porto |
| LME | Lesões Musculosqueléticas |
| RULA | Rapid Upper-Limb Assessment |
| OWAS | Ovaco Working Posture Analysis System |
| REBA | Rapid Entire Body Assessment |
| NIOSH | National Institute for Occupational Safety and Health |
| SI | Strain Index |
| QNM-E | Questionário Nórdico Musculoesquelético |
| VP | Versão portuguesa |
| IA | Inteligência artificial |
| EPI | Equipamento de Proteção Individual |

1. Introdução

O presente capítulo expõe de forma sumária o enquadramento e a contextualização do problema que motivou a proposta de dissertação que se apresenta. De igual modo, inclui uma breve apresentação da entidade recetora do estágio, KAMOS, Lda, bem como dos objetivos que nortearam esta parceria entre a instituição de ensino e a referida empresa. O capítulo termina com uma nota relativa à organização do presente relatório cujo objetivo é facilitar a compreensão da sua estrutura e encadeamento.

1.1. Enquadramento do trabalho

A ergonomia foi pela primeira vez definida no ano de 1950 (Iida & Buarque, 2016). Passados mais de 70 anos, a sua utilidade está mais do que comprovada, sendo inúmeros os estudos que referem a sua aplicabilidade para a redução de lesões musculoesqueléticas, para o aumento da saúde e bem-estar dos trabalhadores resultando ainda num aumento de produtividade e redução de custos para a organização (Cervai & Polo, 2017; Eeckelaert & Broek, 2020; Greef & Broek, 2004).

Na atualidade, a ergonomia assoma-se como um aspeto determinante na organização e gestão dos recursos humanos e do ambiente de trabalho.

A adoção de princípios ergonómicos com o intuito de ajustar o espaço de trabalho às necessidades dos trabalhadores assume especial importância na promoção da saúde, segurança e eficiência da organização (Iida & Buarque, 2016). Com as empresas cada vez mais preocupadas em conciliar a maximização da produtividade com o aumento do bem-estar dos seus colaboradores, a adoção destes princípios é essencial.

Em resposta a esta preocupação crescente por parte das empresas, as melhorias ergonómicas permitem a mitigação dos riscos relacionados com a saúde ao mesmo tempo que promovem o envolvimento e a motivação dos trabalhadores (Eeckelaert & Broek, 2020).

A presente dissertação surge com a finalidade de aplicar estes princípios a um caso concreto onde havia queixas por parte do trabalhador e onde o posto de trabalho foi dimensionado sem ter em consideração qualquer fator ergonómico ou antropométrico. O objetivo final é avaliar os impactos reais da adoção de princípios ergonómicos quer para a saúde do trabalhador quer para a produtividade do mesmo.

1.2. Apresentação da empresa

A empresa KAMOS, Lda foi fundada em maio de 2024, posicionando-se como uma entidade inovadora no setor da construção industrial. A sua constituição surge da convergência entre conhecimento técnico-científico, experiência acumulada no setor da engenharia civil e uma clara orientação para a inovação tecnológica aplicada aos sistemas construtivos.

A atividade principal da empresa centra-se no desenvolvimento e implementação de soluções construtivas com base numa tecnologia de estrutura mista, objeto de patente nacional e internacional, que representa uma evolução significativa no panorama da construção modular e industrializada. Esta tecnologia combina a eficiência e rapidez de montagem dos módulos com estrutura metálica, pré-fabricados em ambiente controlado, com a robustez e durabilidade da construção em betão armado, concretizada in situ.

O método construtivo adotado consiste na pré-fabricação de módulos com estrutura metálica, os quais são posteriormente transportados e montados no local da obra. Após a sua instalação, procede-se à betonagem in situ das vigas, pilares e lajes, integrando completamente os elementos metálicos na estrutura definitiva em betão armado. Esta solução permite alcançar uma sinergia entre a leveza e precisão dimensional do aço e as propriedades mecânicas e durabilidade do betão armado, potenciando simultaneamente a rapidez de execução, resistência estrutural, sustentabilidade e flexibilidade arquitetónica.

A inovação patenteada não se limita apenas à metodologia construtiva, mas estende-se também aos sistemas de ligação, ao controlo da qualidade dos materiais, ao controlo de qualidade de toda a produção e à compatibilização com sistemas técnicos e funcionais, permitindo à empresa oferecer soluções completas e personalizadas para projetos residenciais e hoteleiros, desde pequenas moradias unifamiliares até grandes complexos hoteleiros com diversas comodidades.

Com uma visão clara de liderança no setor da construção modular híbrida, a KAMOS, Lda aposta fortemente na investigação aplicada e na certificação rigorosa dos seus processos, assumindo-se como um agente de mudança no setor da construção, contribuindo para a modernização do parque edificado e para a transição para métodos construtivos mais sustentáveis e tecnologicamente avançados.

1.3. Objetivos do trabalho

O trabalho desenvolvido durante o período de estágio centrou-se na avaliação e otimização de um posto de trabalho de soldadura, com vista a proporcionar melhores condições de trabalho ao operador e em simultâneo incrementar a produtividade da empresa. Tal ambição levou a um comprometimento com os seguintes objetivos:

- Avaliação ergonómica e antropométrica de um posto de trabalho de soldadura

- Identificação de fatores de risco ergonómico inerentes ao posto de trabalho (posturas forçadas, movimentos repetitivos, esforços excessivos, etc) com potencial para comprometer a saúde e segurança do trabalhador;
- Elaboração e implementação de propostas com vista à otimização das condições de trabalho, promovendo a segurança e o bem-estar do operador, bem como a eficiência do posto de trabalho;
- Reavaliação do posto de trabalho

Tais objetivos culminaram na consolidação de competências técnicas e científicas nos domínios da ergonomia e antropometria aplicadas ao setor industrial, nomeadamente através da utilização de metodologias de análise ergonómica e antropométrica em contexto real de trabalho.

1.4. Estrutura do relatório

O presente relatório pretende descrever o trabalho desenvolvido na KAMOS, Lda no âmbito da unidade curricular Dissertação/ Estágio cuja principal área de intervenção incidiu sobre a avaliação ergonómica e antropométrica de um posto de trabalho de soldadura, seguida da apresentação de propostas de melhoria com o duplo propósito de otimizar as condições de trabalho do operador e aumentar a produtividade da empresa.

No que diz respeito à sua estrutura, o mesmo encontra-se organizado em cinco capítulos de acordo com uma sequência lógica, havendo lugar ao esclarecimento prévio de conceitos indispensáveis à compreensão do trabalho conduzido *in locus*.

No primeiro capítulo, introdução, é apresentado o enquadramento do presente trabalho, os seus objetivos gerais e a estrutura geral do relatório, bem como a entidade parceira.

No segundo capítulo, revisão bibliográfica, é realizada uma análise teórica dos tópicos associados ao tema em estudo. Inicialmente há lugar ao esclarecimento de conceitos centrais como ergonomia e antropometria e a forma como estes se relacionam. Seguidamente é apresentada a influência do movimento e da postura na saúde e bem-estar, introduzindo desta forma questões relativas a lesões musculoesqueléticas, prosseguindo para a apresentação de alguns dos métodos mais utilizados na avaliação ergonómica de forma a prevenir o surgimento dessas mesmas lesões. O capítulo termina com o impacto da ergonomia na produtividade de uma organização passando depois para a influência que a automação e a robótica desempenham na ergonomia.

No Capítulo 3 apresenta-se a avaliação ergonómica do posto de um posto de soldadura na KAMOS, Lda., recorrendo ao Questionário Nórdico Musculoesquelético e ao REBA. A análise integrada dos resultados, aliada à caracterização das condições atuais do posto, permitiu identificar fatores de risco e propor melhorias com vista a reduzir a carga biomecânica e otimizar o desempenho.

Introdução

No quarto capítulo será efetuada a reavaliação do posto de trabalho após a intervenção implementada, apresentando-se os resultados dessa alteração. Serão igualmente discutidos os resultados obtidos e será avaliado o impacto das alterações na produtividade do trabalhador.

Por último, no capítulo 5, serão apresentadas as conclusões finais, as principais limitações do estudo efetuado e delineiam-se propostas para trabalhos futuros.

2. Revisão Bibliográfica

No seguinte capítulo irão ser abordadas várias temáticas relacionadas com o tema exposto anteriormente.

2.1. Ergonomia

A palavra ergonomia provém do grego ergon (trabalho) e nomos (princípios ou leis) sendo associada ao estudo do homem e do seu trabalho. A ergonomia tem como objetivo minimizar os fatores intrínsecos ao trabalho que têm efeitos negativos sobre o ser humano (Iida & Buarque, 2016).

Os termos ergonomia e fatores humanos são comumente referidos como um só de tal modo que a associação internacional de ergonomia adotou a nomenclatura de International Ergonomics & Human Factors Association (IEA, s.d.).

2.1.1. Definição, Objetivos e Domínios da Ergonomia

O conceito de ergonomia foi definido pela primeira vez no ano de 1950, em Inglaterra, pela Ergonomics Research Society, que o remeteu para o estudo da interação entre o ser humano e o seu ambiente laboral (Iida & Buarque, 2016).

No ano 2000, a International Ergonomics & Human Factors Association definiu a ergonomia como uma disciplina científica que se preocupa com a compreensão das interações que ocorrem entre o ser humano e os demais elementos de um sistema. É a profissão que aplica teorias, princípios, dados e métodos de design com vista a otimizar não apenas o bem-estar dos trabalhadores, como também o desempenho global do sistema (IEA, s.d.).

Enquanto ciência que estuda a adaptação do trabalho ao ser humano, a ergonomia parte do conhecimento existente acerca das características dos trabalhadores nomeadamente do ponto de vista anatómico, fisiológico e psicológico, procurando adaptar o trabalho às mesmas (Ergonomics Research Society, 1950; Iida & Buarque, 2016). Por trabalho entende-se toda e qualquer interação entre o ser humano e uma atividade produtiva, remetendo desta forma para o contexto laboral no seu todo, ou seja, não apenas para o posto de trabalho, como também para os meios e métodos (IEA, s.d.).

A ergonomia tem como principais objetivos assegurar a saúde, o bem-estar e a segurança dos trabalhadores, promovendo, simultaneamente, a satisfação no ambiente laboral.

Concomitantemente, procura também otimizar a eficiência no desempenho das atividades, gerando desta forma benefícios quer para os trabalhadores quer para as entidades empregadoras. Contudo, é fundamental destacar que a procura pela eficiência jamais deve prevalecer sobre os demais objetivos, dado que um dos princípios fundamentais da ergonomia consiste em minimizar os potenciais impactos negativos associados ao trabalho (Iida & Buarque, 2016; Riascos, Gontijo & Merino, 2021).

O campo de atuação da ergonomia contempla três grandes domínios: ergonomia física, ergonomia cognitiva e ergonomia organizacional. A Figura 1 representa os três domínios da ergonomia e o que cada um deles aborda.

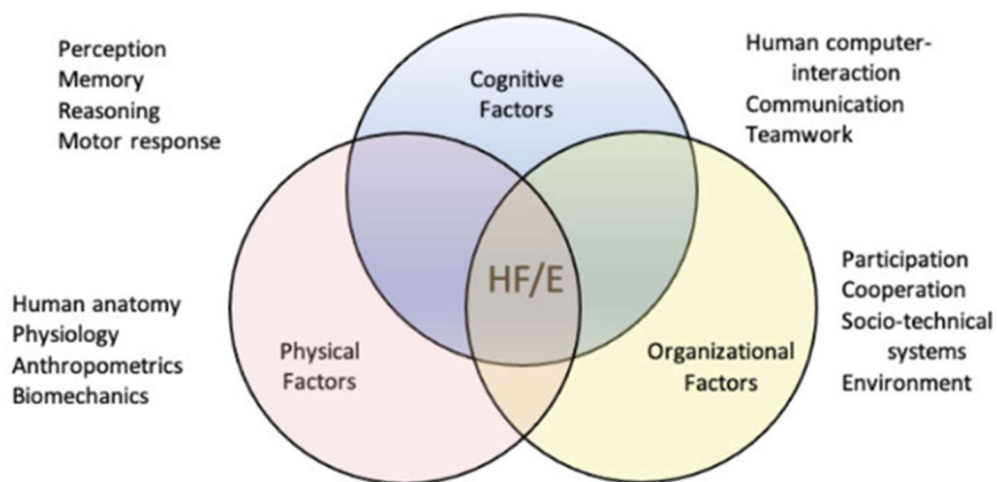


Figura 1 - Domínios da ergonomia (IEA, s.d.)

De acordo com a International Ergonomics & Human Factors Association a ergonomia física debruça-se sobre as características anatómicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas inerentes à componente física do trabalho como por exemplo a postura, os movimentos rotineiros ou as lesões músculo-esqueléticas decorrentes da atividade laboral. Por sua vez, a ergonomia cognitiva debate-se com questões relativas a processos mentais, em particular percepção, memória, raciocínio e resposta motora. Finalmente a ergonomia organizacional dedica-se a otimizar os sistemas sociotécnicos incluindo estruturas, políticas e processos, abrangendo por exemplo gestão de recursos, trabalho em equipa ou a própria cultura organizacional, entre outros (IEA, s.d.).

Em suma, a ergonomia desempenha um papel de elevada importância nos mais diversos aspetos da organização, desde o aumento de produtividade ao aumento de qualidade do produto ou serviço, passando por uma melhoria da saúde e bem-estar dos colaboradores contribuindo para a segurança de toda a organização e culminando em última instância na redução de custos e aumento de lucros para a organização (Iida & Buarque, 2016; Riascos, Gontijo & Merino, 2021).

Os aspetos supramencionados serão desenvolvidos mais adiante, no decorrer do presente relatório, dando especial enfoque à produtividade e à melhoria das condições de trabalho através da deteção de tarefas que possam levar a lesões musculoesqueléticas utilizando diversos métodos de avaliação ergonómica.

2.2. Antropometria

Com origem na combinação das palavras *Anthropos* (homem) e *metrein* (medida) a antropometria é a ciência que estuda as dimensões do homem. As medidas antropométricas são utilizadas para o desenvolvimento do local de trabalho de maneira a adequá-lo ao seu utilizador (Esmaeel, 2022).

2.2.1. Definição e tipos de Antropometria

A antropometria é a ciência que se dedica ao estudo e análise das dimensões e proporções do corpo humano. Através da medição corporal de aspetos como a altura, o peso, a estatura, o alcance ou o comprimento dos membros, entre outros é possível identificar a existência de variações entre indivíduos e populações. A finalidade da antropometria reside precisamente na compreensão dessa diversidade e na tentativa de adaptar sistemas, ambientes e ferramentas às necessidades humanas (Norton & Olds, 1996; Wachowicz, 2013).

A antropometria subdivide-se em dois tipos, estática e dinâmica, as quais devem ser consideradas em simultâneo. A antropometria estática, também designada de estrutural, ocupa-se das dimensões físicas do ser humano como comprimentos, larguras, profundidades e volumes (Rebello, 2017). Por sua vez a antropometria dinâmica, ou funcional, tem em conta os movimentos realizados aquando da execução das tarefas, debruçando desta forma sobre aspetos como por exemplo o alcance, a postura ou as amplitudes (Bridger, 2003).

As figuras 2 e 3 representam as principais dimensões antropométricas estáticas e dinâmicas.

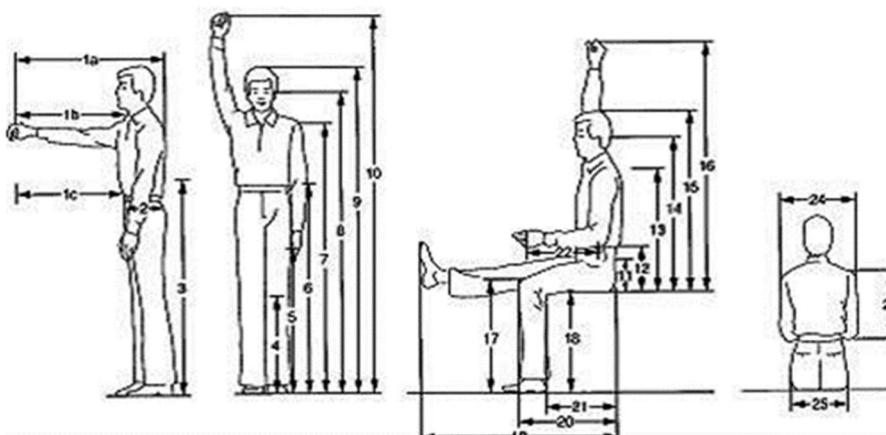


Figura 2- Dimensões antropométricas estáticas (Wickens et al., 2004)

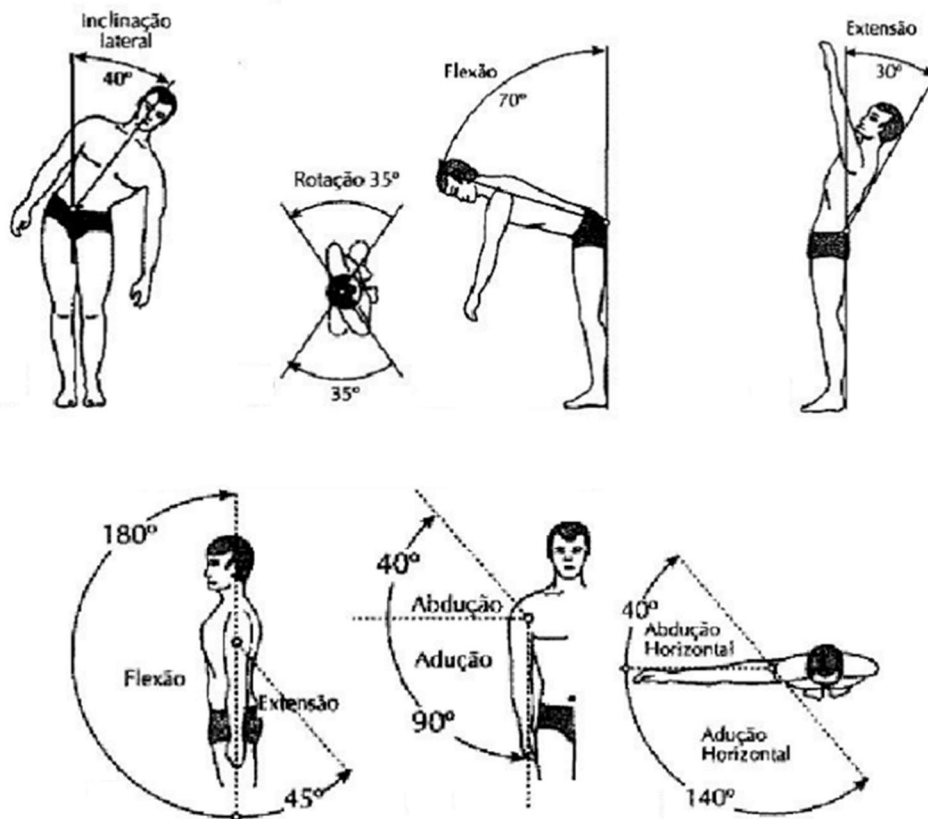


Figura 3- Dimensões antropométricas dinâmicas (Iida & Buarque, 2016)

2.3. Contributos da Ergonomia e da Antropometria no Design do Posto de Trabalho

Norman e Draper (1986) enfatizaram o princípio do design centrado no utilizador, que se traduz na idealização de um posto de trabalho tendo em consideração a sua adequação ao trabalhador, ilustrando desta forma o contributo inequívoco da ergonomia para o design do posto de trabalho.

Segundo Pheasant (2003), a garantia de qualidade de um projeto depende em larga medida de duas etapas, a análise da tarefa e o teste do utilizador. A análise da tarefa constitui o ponto de partida para a criação do projeto. Nesta etapa importa definir os objetivos gerais do projeto, esclarecer as ações necessárias à sua execução, estabelecer critérios de desempenho e sucesso, bem como identificar possíveis discrepâncias ou áreas onde o sistema pode não responder especificamente às necessidades do utilizador. A respeito do teste do utilizador, esta é uma etapa que consiste na testagem, em condições pré-estabelecidas, de uma versão protótipo do produto final. Esta testagem deve ser levada a cabo por um conjunto de indivíduos com características de tal modo semelhantes à da população a que se destina, que possam ser considerados como uma amostra representativa (Pheasant, 2003).

Intimamente ligada à ergonomia, a antropometria, em particular os parâmetros antropométricos, desempenham por inerência um papel igualmente relevante (Esmaeel, 2022).

Em termos práticos, ao idealizar um posto de trabalho, é necessário garantir que existe correspondência entre as exigências do ponto de vista físico, que se encontram adjacentes à execução de determinadas tarefas, e a capacidade do trabalhador de fazer face às mesmas, sem prejuízo próprio. Com vista a garantir tal correspondência é de extrema importância estabelecer os parâmetros antropométricos da população a que se destina, o modo como estes podem imprimir restrições ao próprio projeto e quais os critérios que asseguram a correspondência em termos efetivos (Pheasant, 2003).

Para estabelecer os parâmetros antropométricos são utilizadas tabelas antropométricas específicas para cada população. Estas tabelas apresentam as dimensões de um vasto conjunto de variáveis antropométricas, desde a altura do pé à largura das ancas. Partindo do pressuposto que estas variáveis seguem uma distribuição aproximadamente normal, a utilização das tabelas de Gauss permite obter as medidas correspondentes a percentis específicos, de forma a satisfazer os requisitos de projeto definidos.

2.4. A Influência da Postura e Movimento no Desempenho e Saúde

O movimento e a postura são peças essenciais na interação entre o ser humano e o ambiente em que está inserido, tendo influência tanto na sua saúde como no seu desempenho. A adoção de uma postura corporal adequada é fundamental para a prevenção das lesões musculoesqueléticas e aumento da qualidade de vida (Kendall et al., 2005).

Posturas inadequadas e movimentos disfuncionais estão intimamente relacionados com o aumento e prevalência de LME, tendo um impacto negativo não apenas ao nível da saúde como também na produtividade individual e por inerência na produtividade de toda a organização (Cook et al., 2010).

Estudos recentes têm apontado as intervenções voltadas para questões posturais, de reabilitação motora e reforço muscular como uma aposta promissora para melhorar o desempenho global e mitigar questões associadas a LME (Magee, 2020).

2.4.1. Lesões Musculoesqueléticas

As Lesões Musculoesqueléticas (LME) figuram entre as doenças laborais mais prevalentes, tendo impacto na vida de milhões de trabalhadores na Europa e pelo mundo fora, gerando custos significativos para as entidades patronais. Adotar medidas para prevenir e combater as LME não só melhora a qualidade de vida dos trabalhadores como apresenta benefícios económicos muito relevantes para os empregadores (EU-OSHA, s.d.).

Estas lesões relacionadas com o trabalho afetam principalmente regiões como o pescoço, ombros, costas e membros superiores, embora possam também afetar os membros inferiores (Nunes, 2020).

Em situações crônicas as LME podem levar à incapacidade permanente e consequente interrupção definitiva da atividade profissional.

Apesar da dificuldade de comparação internacional, toda a informação existente tende a confirmar um aumento regular e substancial destas lesões em todos os países da Europa (EU-OSHA, s.d.).

2.4.2. Principais Causas das Lesões Musculoesqueléticas

A maioria das LME relacionadas com o trabalho resultam de acumulação e não de um momento único. São lesões sem uma causa única, mas sim fruto de uma combinação de fatores de risco desde fatores físicos a fatores psicossociais e organizacionais (Nunes, 2020).

Segundo a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA, s.d.) entre os principais fatores de risco físico e biomecânico contam-se a movimentação de cargas, os movimentos repetitivos ou com esforço, as posturas incorretas e estáticas, os ambientes com má iluminação ou temperaturas baixas e exposição a vibrações, o trabalho em ritmo acelerado e permanência na mesma posição (em pé ou sentado) durante longos períodos de tempo.

A respeito dos principais fatores de risco organizacionais e psicossociais, a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho destaca as elevadas exigências de trabalho e pouca autonomia, a ausência de pausas e de hipóteses para alterar a postura de trabalho, o ritmo de trabalho acelerado, os períodos laborais longos, a intimidação, assédio e discriminação no local de trabalho e a reduzida satisfação laboral.

A combinação de dois ou mais destes fatores durante um longo período irá inevitavelmente levar a Lesões Musculoesqueléticas de maior ou menor gravidade e grau de incapacidade (Kok et al., 2019).

2.5. Métodos de Avaliação Ergonómica

Conforme anteriormente referido, as LME encontram-se em crescimento nos vários países da Europa. A avaliação do risco biomecânico nos locais de trabalho, é primordial para minimizar o risco (Manzano, 2021).

Uma correta avaliação ergonómica e posterior implementação das melhorias propostas conduz a uma eficaz diminuição das lesões musculoesqueléticas resultando numa maior qualidade de vida para o trabalhador e num ambiente de trabalho mais saudável.

As avaliações ergonómicas podem ser tanto qualitativas como quantitativas, envolvendo todos os colaboradores das empresas desde o operário, aos encarregados e com um papel de realce para o médico responsável pela medicina do trabalho.

2.5.1. Método OWAS

O método OWAS (Ovaco Working Posture Analysis System) foi criado em 1977 por Karu, Kuorinda e Kansi em conjunto com o Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional com o objetivo

de identificar e analisar as posturas potencialmente prejudiciais que poderão dar origem a LME (Cavalcante, 2011).

Na metodologia OWAS todas as tarefas devem ser avaliadas de forma a poderem ser selecionadas as posturas que necessitam de ser estudadas tendo em conta fatores como o tempo passado na posição, a frequência, a carga e a força aplicada. Diversos autores considerem ser necessárias pelo menos cem observações por cada tarefa para os resultados serem fidedignos (Santos, 2009; Pais et al., 2012).

O método em questão é utilizado para determinar a carga postural e a poder assim determinar a probabilidade de causar danos nos membros superiores e inferiores. Utilizando tabelas específicas do método são atribuídas pontuações de 1 a 7 (quanto maior o número mais prejudicial) a fatores como o posicionamento, duração e carga (Xu & Cheng, 2014). A figura 4 representa a pontuações atribuídos ao fator posicionamento.

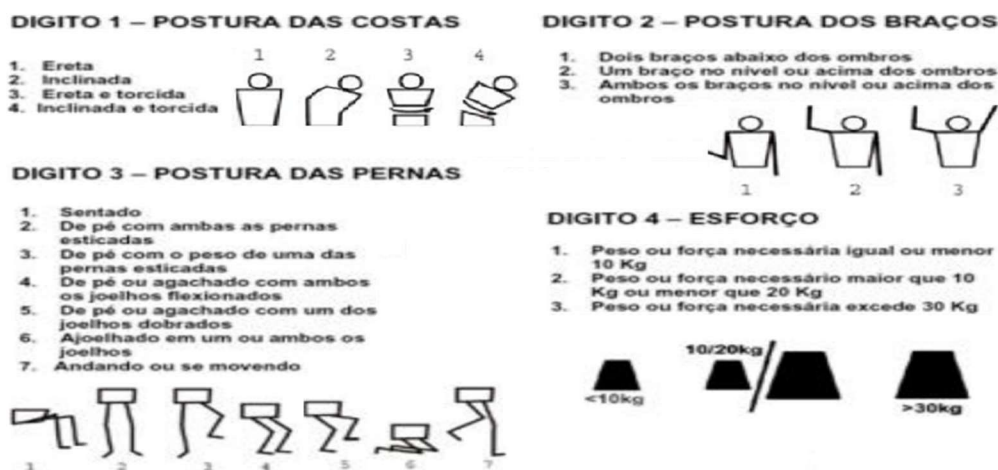


Figura 4- Classificação de Posturas segundo o método OWAS (Lima et al., 2015)

Trata-se de uma metodologia bastante simples e de fácil utilização, mas que não dá valorização aos pulsos, antebraços ou pescoço e a sua aplicação não é fácil em tarefas de trabalho que não sejam efetuadas posições estáticas. Trata-se ainda assim de uma metodologia bastante rápida e que consegue melhorar as condições de trabalho (Santos, 2009).

2.5.2. Método RULA

A metodologia RULA (Rapid Upper-Limb Assessment) desenvolvida por McAtamney e Corlett em 1993, permite fazer a rápida avaliação do esforço dos membros superiores podendo também ser utilizada para o tronco, pescoço e membros inferiores (Cremasco et al., 2019; Namwongsaet al., 2018). É um método quantitativo, apropriado para a análise do risco postural tanto estático como dinâmico. A sua avaliação foca-se em três aspetos: nível de atividade muscular, força exercida/carga movimentada e posição dos segmentos musculares (Aguar, 2009).

Trata-se de um método de rápida aplicação, que não necessita de nenhum equipamento específico nem exige a paragem das atividades a executar. Configura-se como bastante económico e muito fiável, ainda que algo dependente da experiência do seu aplicador pois é um pouco subjetivo e sempre dependente do ângulo do qual é feita a observação/recolha de dados (Hough & Nel, 2017; Labbafinejad et al., 2017; Namwongsaet al., 2018; Pais et al., 2012).

Este método que não tem em consideração o ambiente, o stress, ou os parâmetros individuais do utilizador como peso, idade e altura o que pode ser visto com um ponto menos positivo da metodologia em questão. Alguns estudos atribuem uma maior fiabilidade ao método quando utilizado para tarefas executadas na posição sentado (Hough & Nel, 2017; Santos, 2009).

A aplicação da metodologia RULA decorre ao longo de 3 fases: avaliação dos postos de trabalho (observação do funcionário durante alguns ciclos de trabalho, não devendo ser utilizada apenas uma observação), sistema de pontos relativo ao ângulo em que se encontram as articulações e posterior atribuição de um nível de risco. Serve assim o propósito de identificar quais as tarefas mais críticas, propondo alterações e sugerindo um prazo para reavaliação (Equi, 2005).

Esta metodologia divide o corpo em dois grupos, grupo A: braço, antebraço e pulso; e grupo B: pescoço, tronco e membros inferiores. De referir ainda que, perante a impossibilidade de determinar a possibilidade de um dos hemisférios (esquerdo ou direito) se encontra mais afetado do que o outro, estes devem ser avaliados individualmente. (Aguiar,2009; Santos, 2009).

A figura 5 mostra as tabelas utilizadas no método e explica como se alcança a pontuação final que atribui o nível de risco.

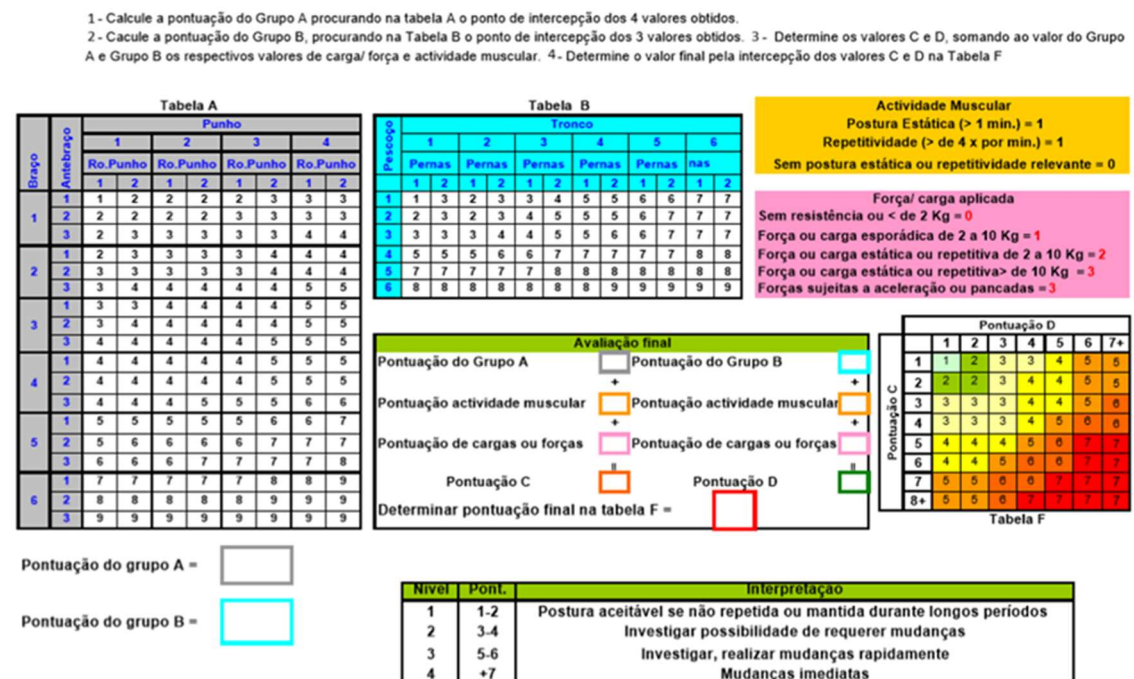


Figura 5- Descrição do procedimento de aplicação do método RULA (Santos, 2009)

Cada grupo/área do corpo é avaliado com recurso a tabelas posturais que atribuem uma pontuação a cada posição observada. Após a observação individual de cada área são utilizadas tabelas que permitem atribuir uma pontuação global final ao grupo A e B que varia entre 1 e 7 (sem necessidade de intervenção até necessidade de alterações imediatas) (Aguiar, 2009).

2.5.3. Método REBA

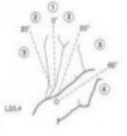
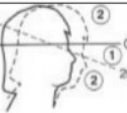
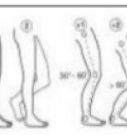
Rapid Entire Body Assessment ou REBA criado em 2000 no Reino Unido por Mcatamney e Hignett é uma metodologia que permite identificar tarefas e postos de trabalho com risco de LME. É um método que tem em conta todo o corpo sendo atualmente dos mais usados e recomendados. Surgiu inicialmente com o objetivo de avaliar posturas imprevisíveis no setor da saúde e atividades industriais sendo atualmente usado nos mais diversos setores de atividade (Maldonado-Macías et al., 2015; Santos, 2009).

Através da observação de vários ciclos de trabalho, procuram-se as posições mais forçadas onde se manipulem cargas ou onde existam movimentos repetitivos tendo também em conta fatores como a frequência, o tempo e o afastamento da posição de conforto (neutra) (Carneiro et al., 2015; Silva & Buzzo, 2018).

A avaliação do risco é efetuada utilizando tabelas específicas que atribuem pontuações (1 a 9) à posição do tronco, pescoço, dos membros inferiores, dos membros superiores (braços, antebraços e punhos) e carga/força aplicada (Silva & Buzzo, 2018). Mesmo sendo um método que tem em conta o corpo como um todo, subdivide-o em dois grupos: grupo A que inclui tronco, pescoço e membros inferiores; grupo B que se foca nos membros superiores. Certos autores fazem a distinção entre lado direito e lado esquerdo enquanto outros não realizam esta separação (Samaei et al., 2017).

O método passa por observação das tarefas, seleção das posturas a investigar seguido de uma atribuição de pontos às posturas, obtenção da pontuação final de cada grupo (A+B), e por fim obtenção da pontuação final da postura em análise (C) que varia entre 0 e 15 à qual corresponde cinco níveis de ação e risco, ou seja, desde 0 que não necessita de qualquer alteração até ao 4 que necessita de alterações imediatas (Cremasco et al., 2019; Santos, 2009).

A figura 6 apresenta as pontuações que se atribuem no grupo A e grupo B e a figura 7 representa como se obtém a pontuação final que atribui o nível de risco.

| Tronco | Movimento | Pontuação | Alterações à pontuação |
|---|-------------------------------------|-----------|--|
|  | Erecto | 1 | +1 se houver rotação ou flexão lateral do tronco |
| | Flexão 0°-20° | 2 | |
| | Extensão 0°-20° | 3 | |
| | Flexão >20° Extensão >20° | 4 | |
| Pescoço | Movimento | Pontuação | Alterações à pontuação |
|  | Flexão 0°-20° | 1 | +1 se houver rotação ou flexão lateral do pescoço |
| | >20° Flexão ou Extensão | 2 | |
| Pernas | Posição | Pontuação | Alterações à pontuação |
|  | Peso bilateral, andando ou sentado | 1 | +1 se a flexão dos joelhos entre 30° e 60° +2 se a flexão dos joelhos >60° (apenas em pé) |
| | Peso unilateral ou postura instável | 2 | |

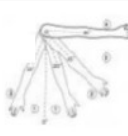
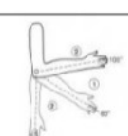
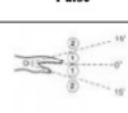
| Braço | Posição | Pontuação | Alterações à pontuação |
|---|-------------------------------|-----------|---|
|  | Extensão 20° a flexão 20° | 1 | +1 de houver adução ou rotação de braço +1 se elevar o ombro -1 se apoiado suportando o peso do braço |
| | Extensão > 20° | 2 | |
| | Flexão 20°-45° | 3 | |
| | Flexão >45°-90° | 4 | |
| Antebraço | Movimento | Pontuação | Alterações à pontuação |
|  | Flexão 60°-100° | 1 | |
| | Flexão < 60° Flexão > 100° | 2 | |
| Pulso | Movimento | Pontuação | Alterações à pontuação |
|  | Flexão/extensão 0°-15° | 1 | +1 se houver desvio ou rotação do pulso |
| | Flexão/extensão >15° | 2 | |

Figura 6- Registo de pontuações REBA nos grupos A e B (Santos, 2009)

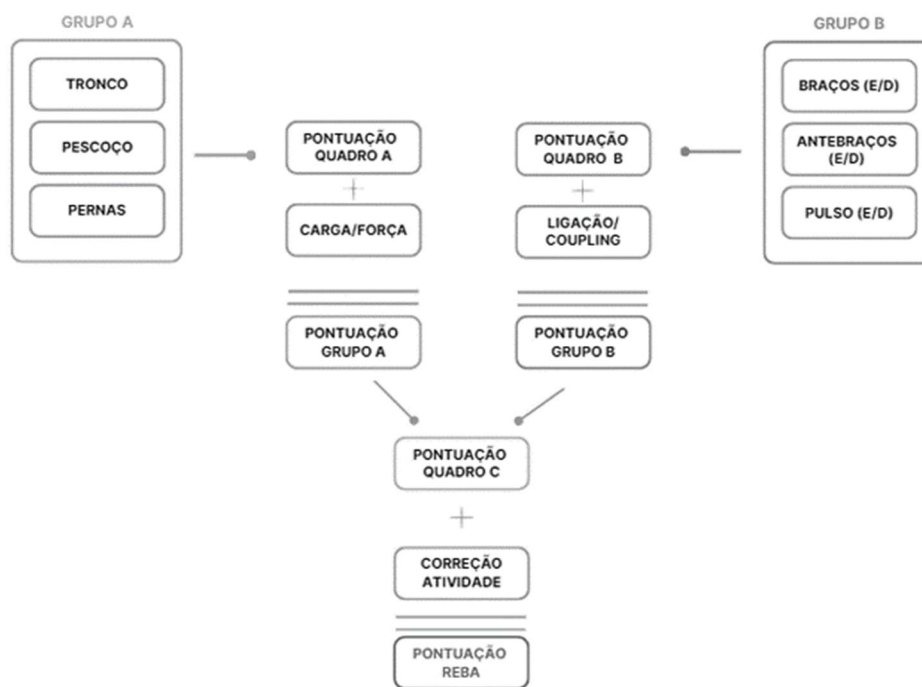


Figura 7- Registo das pontuações no método REBA (Pinto, 2023)

Trata-se de um método com fiabilidade, validade e sensibilidade satisfatórias sendo mais uma vez bastante dependente da experiência do avaliador e do ângulo de onde se efetuam as observações. A correlação entre diferentes avaliadores oscila entre 62% e 85% (Samaei et al., 2017).

2.5.4. Equação de NIOSH

A Equação do National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ou NIOSH Lifting Equation foi criada em 1981 por Waters nos Estados Unidos da América sendo este também o país onde é mais utilizada. Em 1981 a NIOSH criou um guia chamado “Work Practices Guide for Manual Lifting – WPG” onde apresentava uma equação onde era possível calcular o peso máximo recomendado para o levantamento de cargas simétricas e com a utilização das duas mãos. Este guia foi revisto em 1991/1992/1993 e em 1994 elaboraram um manual onde se introduziram variáveis com a assimetria da carga, a frequência e a qualidade da pega (Júnior, 2009; Pereira et al., 2015).

À data, não existem ainda estudos exaustivos sobre a equação no que diz respeito à sua extensão de aplicação, validade e fiabilidade. Concomitantemente, a equação apresenta bastantes limitações, não sendo possível introduzir variáveis como (Júnior, 2009; Moreira & Nunes, 2016) uso de uma só mão, repetibilidade, turnos superiores a 8h, cargas instáveis, espaços apertados, movimentos rápidos, pisos escorregadios, posição sentado ou ajoelhado ou o uso de objetos para o transporte das cargas como carrinhos de mão, pás ou porta-paletes.

A equação é baseada num modelo multiplicativo que atribui uma ponderação a cada variável. Obtém-se o Limite de Peso Recomendado (LPR), isto é, o limite máximo de carga que um trabalhador pode carregar durante um turno de 8h sem riscos de LME (Teixeira et al., 2011).

Vários autores defendem que esta fórmula se aplica a cerca de 95% dos trabalhadores do sexo masculino e 75% dos trabalhadores do sexo feminino. Outros consideram ainda que o valor e carga para o sexo feminino não deve ultrapassar 50% do valor calculado para o sexo masculino (Oliveira, 2014). Todos concordam que a fórmula tem muitas limitações que surgem da complexidade do movimento humano e da variabilidade individual de cada indivíduo.

Na União Europeia o valor máximo recomendado é de 25kg ainda que haja países como Itália que fazem a distinção entre sexos, considerando assim o limite de 20kg para o sexo feminino e 30kg para o masculino (Agahnejad, 2011).

A equação em questão pode ser representada da seguinte forma:

$$RWL = LC \times VM \times HM \times CM \times AM \times FM \times DM$$

RWL – Peso limite recomendado

LC – Carga Constante

VM – Multiplicador Vertical

HM - Multiplicador Horizontal

CM - Multiplicador de pega

AM - Multiplicador assimétrico

FM - Multiplicador de frequência

DM – Multiplicador de distância

As figuras 8 e 9 representam alguns dos parâmetros inerentes à equação.

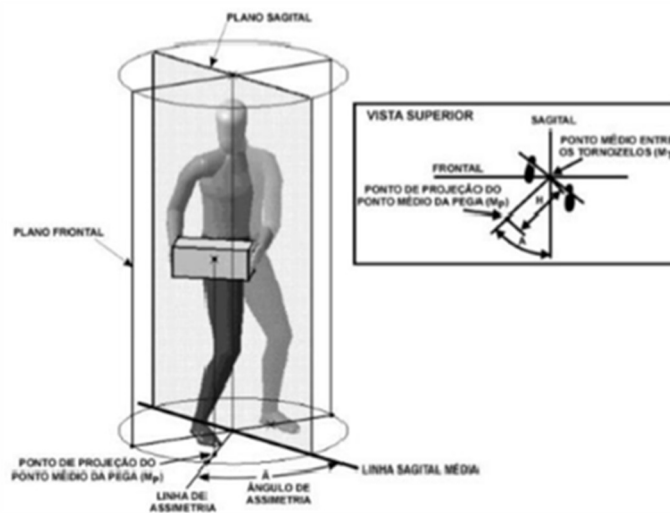


Figura 8- Conceitos relativos a parâmetros inerentes à equação (Teixeira et al., 2011)

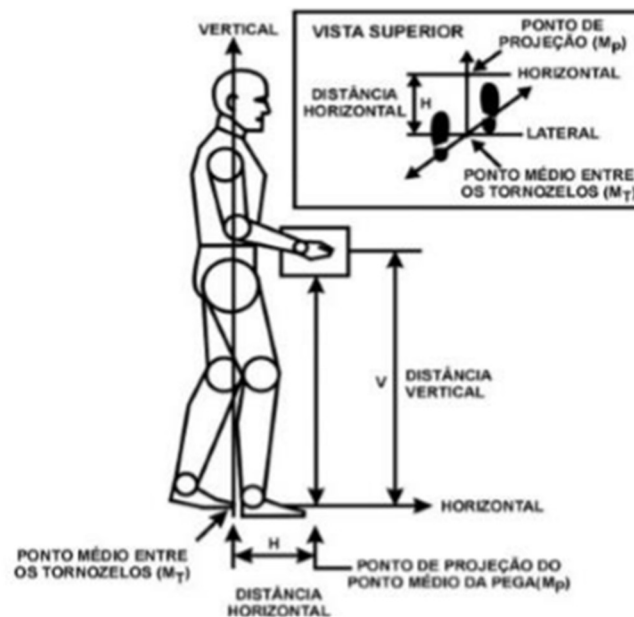


Figura 9- Conceitos relativos a parâmetros inerentes à equação (Teixeira et al., 2011)

2.5.5. Método Strain Index

O método Strain Index (SI) foi desenvolvido em 1995 nos Estados Unidos por Moore e Garg. Trata-se de uma metodologia usada para detetar stress biomecânico e quantificar o risco de desenvolver uma LME na mão, pulso, cotovelo e antebraço. É uma técnica quantitativa, que se baseia na avaliação do posto de trabalho e não do trabalhador (Kapellusch et al., 2018; Santos, 2009; Serranheira & Uva, 2006).

Às diversas variáveis avaliadas é atribuído um fator multiplicador que no fim permite calcular a pontuação resultante. As variáveis intensidades do esforço, posição do pulso e velocidade dos movimentos são avaliadas por estimativa, enquanto as restantes (duração diária da tarefa, frequência e duração do esforço) são medidas de forma objetiva, englobando assim tanto parâmetros biomecânicos como fisiológicos (Kapellusch et al., 2018; Motamedzade et al., 2011; Santos, 2009;).

A figura 10 mostra os vários critérios avaliados e a pontuação atribuída a cada um deles.

| Nível da variável | Intensidade do esforço | % de duração do esforço por ciclo | Esforços por minuto | Postura mão/pulso | Velocidade dos movimentos | Duração diária (horas) |
|-------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------------|------------------------|
| 1 | Ligeira | <10 | <4 | Muito boa | Muito lenta | ≤1 |
| 2 | Média | 10-29 | 4-8 | Boa | Lenta | 1-2 |
| 3 | Elevada | 30-49 | 9-14 | Aceitável | Mediana | 2-4 |
| 4 | Muito elevada | 50-79 | 15-19 | Má | Rápida | 4-8 |
| 5 | Quase máxima | ≥80 | ≥20 | Muito má | Muito rápida | ≥8 |

Figura 10- Níveis possíveis de intensidade do esforço, % de duração do esforço por ciclo, esforços por minutos, postura mão/pulso, velocidade e duração diária (Santos, 2009)

A cada fator é atribuído uma classificação de 1 a 5 (sendo 1 o melhor e 5 o pior), o resultado é obtido através da multiplicação destes seis atributos.

A equação é a seguinte:

$$SI = IE \times WP \times SW \times DD \times EM \times DE$$

IE – Intensidade

WP – Posição do pulso/punho

SW – Velocidade do movimento

DD – Duração diária da tarefa

EM – Esforços por minuto (frequência)

DE – Duração diária do esforço (percentagem em função da DD)

O resultado obtido inferior a 5 considera-se que o posto é de baixo risco de LME, entre 5 e 7 é de risco moderado, igual ou superior a 7 é apontado com um posto com elevado risco de LME (Motamedzade et al., 2011; Santos, 2009).

A figura 11 representa o grau de risco de acordo com o resultado obtido pela equação.

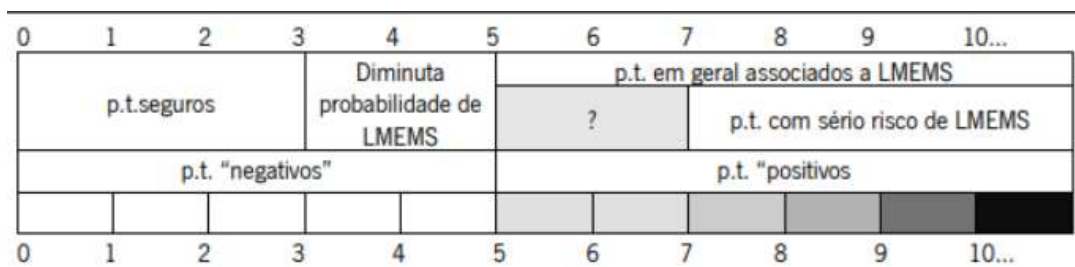


Figura 11- Representação gráfica da leitura do resultado do método SI (Santos, 2009)

O SI apresenta algumas limitações, não levando em consideração fatores como a vibração e tendo três variáveis que são de avaliação subjetiva, estando novamente muito dependente da experiência do avaliador (Santos, 2009).

2.5.6. Questionário Nórdico Musculoesquelético

O Questionário Nórdico Musculoesquelético (QNM) é um instrumento bastante utilizado para a avaliação de sintomas de LME em populações de trabalhadores e em contexto de saúde ocupacional (Kuorinka et al., 1987).

Foi desenvolvido com o intuito de uniformizar a recolha de dados sobre desconfortos e queixas relacionadas com o sistema musculoesquelético. Permite identificar a prevalência e localização das dores, desconfortos ou limitações funcionais em diferentes regiões do corpo ((Kuorinka et al., 1987; Mesquita et al., 2010).

Em 2010, a versão portuguesa do questionário supramencionado foi traduzida e validada por Mesquita et. al. (2010).

Vários estudos demonstram a confiabilidade e validade do Questionário Nórdico Musculoesquelético. Uma revisão sistemática realizada por Alves (2017) validou a confiabilidade do QNM, dando especial destaque à sua utilidade na deteção de distúrbios musculoesqueléticos.

É um questionário composto por questões fechadas que abordam sintomas em 9 zonas diferentes do corpo, pescoço, ombros, cotovelos, punhos e mãos, região torácica, região lombar, anca e coxas, joelhos, tornozelos e pés. Na figura 12 é possível verificar as zonas que são abordadas no questionário nórdico musculoesquelético.

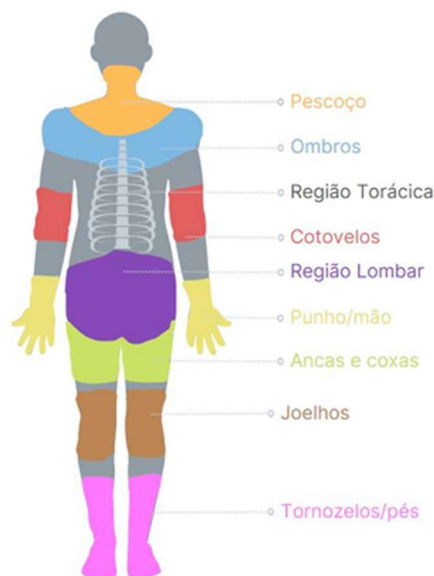


Figura 12- Áreas de avaliação do Questionário Nórdico Músculo-Esquelético VP (Pinto, 2023)

Este questionário apresenta uma estrutura de pergunta muito simples e direta, facilitando assim a sua aplicação em diferentes populações e contextos culturais.

2.6. Impactos da Ergonomia na Produtividade e Bem-Estar

Como já foi referido ao longo do presente documento, a ergonomia enquanto disciplina científica que se foca na adaptação das condições de trabalho às características e limitações do ser humano, desempenha um papel de elevado destaque no aumento do bem-estar dos trabalhadores e na melhoria da produtividade da organização (Cervai & Polo, 2018).

Diversos estudos demonstram que uma análise ergonómica e posterior aplicação das melhorias propostas conduz a uma redução das Lesões Musculoesqueléticas que são a principal causa de absentismo laboral e redução de produtividade (Kok et al., 2019).

As melhorias podem passar por um simples ajuste de mobiliário e equipamentos e pausas mais regulares, até uma análise ergonómica mais profunda e posterior implementação de programas de formação ergonómica com um impacto comprovado na diminuição dos sintomas musculoesqueléticos e aumento do conforto dos trabalhadores (Gonçalves et al., 2023).

Para além de todos os fatores físicos a ergonomia está intrinsecamente ligada ao bem-estar psicológico dos trabalhadores pois ambientes de trabalho pensados e desenvolvidos para o seu trabalhador não reduzem apenas o esforço físico, mas contribuem também para um aumento da motivação e satisfação dos colaboradores. Todas estas melhorias nas condições laborais aumentam a sensação de controlo do trabalhador sobre a tarefa que está a desempenhar, diminuindo níveis de stress e aumentando assim a eficiência individual do trabalhador e da equipa em que está inserido (Cervai & Polo, 2018).

2.6.1. Relação Entre Ergonomia e Desempenho no Trabalho

Há uma relação clara entre ergonomia e desempenho no trabalho. Uma adequada adaptação do posto de trabalho ao trabalhador resulta não só na melhoria da saúde e bem-estar, mas também num incremento de produtividade e eficiência operacional.

Impacto na produtividade: A implementação de princípios ergonómicos no ambiente de trabalho tem demonstrado uma relação direta com o aumento de produtividade (Naeini et al., 2018). Adaptando o posto de trabalho ao seu utilizador permite reduzir a fadiga mental e física, permitindo que as tarefas sejam realizadas de forma mais eficiente e mantendo ou até mesmo aumentando o nível de segurança (DeRango et al., 2003).

Redução do absentismo e rotatividade: A adoção de práticas ergonómicas desempenha um papel de relevo na redução das LME, contribuindo para menores taxas de absentismo e rotatividade de pessoal (Cervai & Polo, 2018). Conseguir manter o colaborador a desempenhar a mesma função durante mais tempo permite um grau de especialização elevado do mesmo, conseguindo atingir assim níveis de eficiência e produtividade bastante fastidiosos.

Melhoria de qualidade e redução de erros: Por último, mas não menos importante, postos de trabalho ergonomicamente adequados provocam a diminuição de desconforto físico e

cognitivo dos trabalhadores, permitindo assim a manutenção dos níveis de concentração mais elevados e durante mais tempo resultando em produtos e serviços com melhor qualidade e com uma percentagem de erro ou defeito muito inferior (Saklani & Jha, 2011).

A ergonomia tem de ser vista com como um ponto estratégico na gestão dos recursos humanos e na otimização e melhoria de processos organizacionais.

2.6.2. Benefícios da Implementação de Soluções Ergonómicas

Para além do impacto que a implementação de soluções ergonómicas tem na produtividade, existem outros benefícios a ter em conta (Cervai & Polo, 2018). A ergonomia oferece benefícios que se refletem em diversos níveis, contribuindo para a eficiência e sustentabilidade das operações.

Diminuição dos custos da organização: A prevenção de lesões laborais representa um menor custo associado a tratamentos médicos, indemnizações e absentismo. Desta forma a ergonomia representa também uma ferramenta de gestão estratégica para a redução de custos.

Variados estudos comprovam que as organizações que investem em ergonomia recuperam o seu investimento num espaço temporal curto através da diminuição de acidentes de trabalho e aumento de eficiência (Naeini et al., 2018).

Aumento da satisfação e bem-estar no trabalho: Quando uma organização implementa soluções ergonómicas, demonstra preocupação com o bem-estar dos seus trabalhadores, contribuindo assim para o aumento da satisfação dos mesmos. Desta forma, provoca um aumento na moral dos seus trabalhadores, criando um ambiente de trabalho mais saudável e aumentando o compromisso colaborador-organização (Cervai & Polo, 2018).

Sustentabilidade da organização: Como já foi referido em cima, a ergonomia permite que os trabalhadores desempenhem a mesma função de forma mais segura e eficiente durante um longo período (Naeini et al., 2018). Este fator é de extrema importância em indústrias onde seja necessário um nível de especialização mais elevado de forma a ser possível manter a qualidade e competitividade.

2.7. Avanços tecnológicos e Inovações na Ergonomia

Com o passar dos anos e a evolução exponencial da tecnologia a ergonomia tem também passado por um processo evolutivo e adaptativo. Diversas tecnologias têm sido utilizadas de forma a aprimorar o bem-estar, a segurança e a eficiência no trabalho.

O aparecimento de tecnologias como a realidade virtual e a realidade aumentada permitem a criação de cenários virtuais de postos de trabalho permitindo assim a sua avaliação ergonómica antes de ser colocado em utilização (Laudante & Caputo, 2016). Esta tecnologia permite corrigir potenciais problemas, reduzindo custos, com maior eficiência sem nunca ter de sujeitar o Humano a posições ergonomicamente indesejáveis.

A utilização de tecnologia wearable como sensores biométricos, relógios ou anéis inteligentes e até mesmo exoesqueletos permitem a monitorização dos movimentos, da postura e dos sinais vitais dos trabalhadores (Iqbal et al., 2024). Deste modo são fornecidos dados em tempo real, permitindo uma análise detalhada das práticas laborais, contribuindo para a melhoria contínua das condições ergonómicas.

O surgimento e desenvolvimento da Inteligência Artificial tem um papel de destaque na ergonomia cognitiva com o objetivo de diminuir a carga cognitiva aumentando a eficiência de toda a operação. O uso de Inteligência Artificial tem um enorme impacto na realização de tarefas repetitivas retirando esse encargo ao trabalhador, mas para além disso desempenha um papel de alto relevo no apoio ao trabalhador durante o processo de tomada de decisão e execução de tarefas mais complexas (Korhan et al., 2023). Esta tecnologia é utilizada em conjunto com a tecnologia wearable para fazer análise contínua das condições de trabalho.

2.7.1. O Papel da Automação e Robótica na Ergonomia

A integração de automação e robótica nas organizações desempenha um papel crucial na melhoria das condições ergonómicas. A automação de tarefas repetitivas e de elevado esforço físico têm desempenhado um papel importante na redução de LME. Robôs colaborativos que trabalham em conjunto com os Humanos, assumindo as atividades mais repetitivas e de maior esforço físico, permitem que os trabalhadores se foquem nas tarefas de maior valor agregado e com menor desgaste físico (Iqbal et al., 2024).

A automação e robótica contribuem para a consistência das operações e melhoria da precisão, reduzindo os erros humanos que decorriam de fadiga ou desconforto (Iqbal et al., 2023). Esta melhoria não aumenta apenas a qualidade dos produtos, mas alivia também a pressão dos trabalhadores, reduzindo o stress e permitindo-os trabalhar em condições mais favoráveis (Korhan et al., 2023).

Esta colaboração Homem-Máquina resulta em ambientes de trabalho mais seguros, ergonómicos, eficientes e atingindo níveis de produtividade muito superiores (Laudante & Caputo, 2016).

Apesar de tudo o que tem de bom é necessário não esquecer os novos desafios que traz para o ambiente de trabalho. É necessário que os trabalhadores passem por um processo de adaptação às novas tecnologias que irá requerer treino de forma a garantir uma utilização segura e eficiente dos sistemas automatizados (Iqbal et al., 2024). É também indispensável desenvolver máquinas de fácil utilização, com uma interface muito intuitiva e centrada no utilizador de forma a evitar a sobrecarga cognitiva.

Para além disso é de elevada importância uma consciencialização dos trabalhadores de forma a verem as máquinas como um ajudante e não como um substituto do trabalho deles. É essencial dar segurança ao trabalhador na manutenção do seu posto de trabalho, apenas um trabalhador que não esteja constantemente com receio de perder o seu posto de trabalho irá extrair o total potencial da união homem-máquina atingindo a sua maior eficiência e grau de produtividade com segurança e aumento da qualidade de vida.

Revisão Bibliográfica

3. Avaliação Ergonómica – Posto de Soldadura

No presente capítulo será feita a avaliação ergonómica de um posto de soldadura começando pela utilização do questionário nórdico músculo-esquelético para determinar a sintomatologia do operador, passando depois pela escolha e utilização do método de avaliação ergonómica mais adequado para o caso e terminando com a avaliação das condições atuais de trabalho e a proposta de melhorias para o respetivo posto de trabalho.

3.1. Questionário Nórdico Músculo-esquelético

A aplicação do Questionário Nórdico Músculo-Esquelético permitiu identificar as regiões corporais com maior prevalência de sintomas músculo-esqueléticos, a sua intensidade e o impacto funcional reportado pelo participante. Como é possível verificar na figura abaixo apresentada (figura 13), o instrumento revelou-se particularmente útil para mapear a distribuição anatómica das queixas ao longo de dois períodos temporais distintos, os últimos doze meses e os últimos sete dias, bem como para quantificar a gravidade dos sintomas através da escala numérica de dor.

Observou-se a presença de sintomatologia músculo-esquelética em três regiões corporais principais: pescoço, punhos/mãos e região lombar. Entre estas, destacam-se o pescoço e a região lombar, que apresentaram não só queixas persistentes (últimos 12 meses), como também sintomas recentes (últimos 7 dias), sugerindo um quadro clínico crónico ou de agudizações recorrentes. Os punhos/mãos evidenciaram queixas unilaterais, o que pode indicar associação com tarefas manuais repetitivas ou movimentos assimétricos realizados no contexto laboral.

A ausência de queixas nas ancas/coxas, joelhos e tornozelos/pés sugere que o impacto músculo-esquelético se concentra sobretudo no segmento superior do corpo e na região lombar, padrão que é frequentemente descrito em trabalhadores sujeitos a posturas estáticas prolongadas ou movimentos repetitivos do tronco e membros superiores.

A graduação da dor evidenciou valores elevados no pescoço (7/10), seguido de região lombar (5/10) e punho/mão direita (3/10). Estes resultados indicam não só uma distribuição algo ampla da sintomatologia, mas também uma intensidade clinicamente relevante, com potencial impacto na funcionalidade e qualidade de vida do soldador.

Questionário Nórdico Músculo-esquelético

Código:

Idade 53 Data de nascimento 04/05/72 Sexo M Data de hoje 11/06/2025
 Posto de trabalho soldador Estado civil [REDACTED]
 Nome [REDACTED]

| Considerando os últimos 12 meses, teve algum problema (tal como dor, desconforto ou dormência) nas seguintes regiões: | Responda, apenas, se tiver algum problema | | Durante os últimos 12 meses teve que evitar as suas actividades normais (trabalho, serviço doméstico ou passatempos) por causa de problemas nas seguintes regiões: | Sem Dor | Dor Máxima |
|---|--|--|--|------------------------|------------|
| | Teve algum problema nos últimos 7 dias, nas seguintes regiões: | | | | |
| 1. Pescoço? | Não <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> | Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | |
| 5. Ombros? | Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no ombro direito 3 <input type="checkbox"/> , no ombro esquerdo 4 <input type="checkbox"/> , em ambos | Não <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no ombro direito 3 <input type="checkbox"/> , no ombro esquerdo 4 <input type="checkbox"/> , em ambos | Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no ombro direito 3 <input type="checkbox"/> , no ombro esquerdo 4 <input type="checkbox"/> , em ambos | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | |
| 9. Cotovelo? | Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no cotovelo direito 3 <input type="checkbox"/> , no cotovelo esquerdo 4 <input type="checkbox"/> , em ambos | Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no cotovelo direito 3 <input type="checkbox"/> , no cotovelo esquerdo 4 <input type="checkbox"/> , em ambos | Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no cotovelo direito 3 <input type="checkbox"/> , no cotovelo esquerdo 4 <input type="checkbox"/> , em ambos | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | |
| 13. Punho/Mãos? | Não <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no punho/mãos direitos 3 <input type="checkbox"/> , no punho/mãos esquerdos 4 <input type="checkbox"/> , em ambos | Não <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no punho/mãos direitos 3 <input type="checkbox"/> , no punho/mãos esquerdos 4 <input type="checkbox"/> , em ambos | Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no punho/mãos direitos 3 <input type="checkbox"/> , no punho/mãos esquerdos 4 <input type="checkbox"/> , em ambos | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | |
| 17. Região Torácica? | Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | |
| 21. Região Lombar? | Não <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> | Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | |
| 25. Ancais/Coxas? | Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | |
| 29. Joelhos? | Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | |
| 33. Tornozelo/Pés? | Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | |

Figura 13- Aplicação do Questionário Nórdico Músculo-esquelético

Estes resultados sublinham a necessidade de intervenções ergonómicas direccionadas para a correção postural, optimização do posto de trabalho e implementação de pausas ativas. Do ponto de vista científico, a análise destas queixas poderá permitir compreender a evolução do quadro clínico e avaliar a eficácia de estratégias preventivas.

3.2. Aplicação do método de avaliação ergonómica REBA

O QNM-E revelou dor persistente e de intensidade moderada a elevada na região lombar, pescoço bem como envolvimento unilateral do punho/mão direita. Este padrão é indicativo de sobrecarga estática e dinâmica do sistema músculo-esquelético sugerindo que a postura de trabalho é um elemento central na origem dos sintomas.

O QNM-E é uma ótima ferramenta para identificar onde e quando ocorrem os sintomas, mas não descreve porquê ou como a sobrecarga acontece. Por esta razão torna-se necessário um método observacional e quantitativo para caracterizar o risco postural.

Como referido no capítulo anterior o método REBA permite avaliar posturas corporais estáticas e dinâmicas, considerar simultaneamente várias regiões corporais, incorporar fatores adicionais como movimento, força e tipo de pega e produzir um índice de risco que orienta decisões para a intervenção ergonómica.

Este método foi escolhido devido à sua versatilidade e avaliação muito completa para o tipo de postura que irá ser avaliado com envolvimento de várias regiões anatómicas. Para além disso, trata-se de um método com uma aplicação muito rápida e a sua utilização é amplamente validade cientificamente.

A utilização combinada destes dois métodos permite uma análise mais abrangente pois integra a perceção do trabalhador com a medição objetiva do risco.

Após análise do processo de soldadura selecionaram-se as duas posições que aparentavam apresentar maior risco para o trabalhador, posição 1 (figura 14) e posição 2 (figura 15), e procedeu-se à avaliação ergonómica das mesmas.

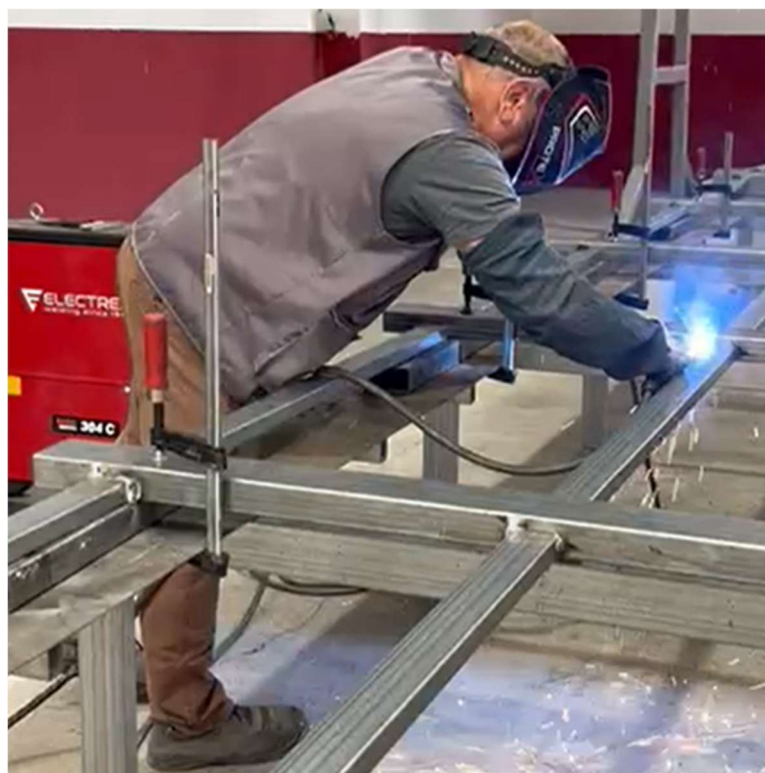


Figura 14- Posição 1



Figura 15- Posição 2

A adoção da metodologia REBA implicou num primeiro momento a divisão do corpo em dois grupos distintos, grupo A composto por tronco, pescoço e pernas e grupo B composto por braço, antebraço e pulso.

Posteriormente, identificaram-se as pontuações a atribuir a cada um dos segmentos corporais que compõem os grupos A e B, de acordo com as diretrizes da metodologia (tabelas 1 e 2).

| Tronco | Movimento | Pontuação | Alterações à Pontuação |
|---------|----------------------------------|-----------|---|
| | Ereto | 1 | +1 se houver rotação ou flexão lateral do tronco |
| | Flexão 0°-20° Extensão 0°-20° | 2 | |
| | Flexão 20°-60° Extensão > 20° | 3 | |
| | Flexão > 60° | 4 | |
| Pescoço | Movimento | Pontuação | Alterações à Pontuação |
| | Flexão 0°-20° | 1 | +1 se houver rotação ou flexão lateral do pescoço |
| | > 20° Flexão ou Extensão | 2 | |

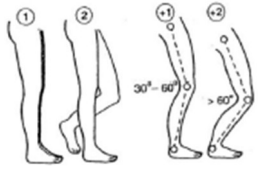
| Pernas | Posição | Pontuação | Alterações à Pontuação |
|---|--|-----------|---|
|  | Sustentação do peso bilateral andado ou sentado | 1 | +1 se a flexão dos joelhos entre 30° e 60° |
| | Sustentação do peso unilateral ou postura instável | 2 | +2 se a flexão dos joelhos > 60° (apenas em pé) |

Tabela 1- Diretrizes de cotação REBA Grupo A

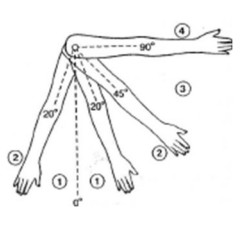
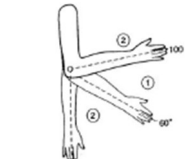
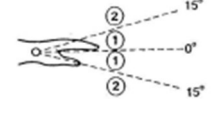
| Braço | Posição | Pontuação | Alterações à Pontuação |
|---|-------------------------------|-----------|--|
|  | Extensão 20° a Flexão 20° | 1 | +1 se houver adução ou rotação do braço |
| | Extensão > 20° Flexão 20°-45° | 2 | +1 se elevar o ombro |
| | Flexão 45°-90° | 3 | -1 se apoiado suportando o peso do braço |
| | Flexão > 90° | 4 | |
| Antebraço | Movimento | Pontuação | Alterações à Pontuação |
|  | Flexão 60°-100° | 1 | |
| | Flexão < 60° Flexão > 100° | 2 | |
| Pulso | Movimento | Pontuação | Alterações à Pontuação |
|  | Flexão/Extensão 0°-15° | 1 | +1 se houver desvio ou rotação do pulso |
| | Flexão/Extensão >15° | 2 | |

Tabela 2- Diretrizes de cotação REBA Grupo B

3.2.1. Avaliação da posição 1

Relativamente à posição 1 e no que respeita aos segmentos que compõem o grupo A estimou-se uma pontuação de quatro para o tronco, dois para o pescoço e três para as pernas (tabela 3). De referir que, quer a pontuação do tronco, quer a pontuação das pernas incluem um ponto decorrente da rotação de tronco e flexão dos joelhos respetivamente.

| Grupo A | Movimento | Pontuação | Alterações à pontuação |
|---------|------------------|-----------|------------------------|
| Tronco | Flexão 20° - 60° | 3 | +1 (rotação de tronco) |
| Pescoço | Flexão > 20° | 2 | - |
| Pernas | Apoio unilateral | 2 | +1 |

Tabela 3- Cotação dos segmentos do Grupo A para a posição 1

Avaliação Ergonómica

Para os segmentos que compõem o grupo B foram estimadas pontuações de quatro para o braço, dois para o antebraço e dois para o pulso (tabela 4).

| Grupo B | Movimento | Pontuação | Alterações à pontuação |
|-----------|---------------|-----------|------------------------|
| Braço | Flexão > 90° | 4 | - |
| Antebraço | Flexão > 100° | 2 | - |
| Pulso | Flexão > 15° | 2 | - |

Tabela 4- Cotação dos segmentos do Grupo B para a posição 1

Com vista a obter uma pontuação de grupo, A e B, procedeu-se à conjugação das pontuações atribuídas aos segmentos que compõem ambos os grupos, tendo-se obtido uma pontuação de sete para o grupo A e seis para o grupo B (tabelas 5 e 6).

| | Pesçoço | | | | | | | | | | | |
|--------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Pernas | | | | | | | | | | | | |
| Tronco | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
| 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 3 | 2 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 4 | 3 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 5 | 4 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |

Tabela 5- Cotação REBA do Grupo A para a posição 1

| | Antebraço | | | | | |
|-------|-----------|---|---|---|---|---|
| | 1 | | | 2 | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Pulso | | | | | | |
| Braço | | | | | | |
| 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |

Tabela 6- Cotação REBA do Grupo B para a posição 1

Uma vez que a metodologia em questão tem em consideração o impacto proveniente de fatores passíveis de serem assumidos como de risco, ou agravantes para o desempenho da atividade, nomeadamente força ou carga e qualidade ou tipo de pega, os mesmos foram igualmente estimados. Concluiu-se pela atribuição de zero pontos aos fatores supramencionados (tabelas 7 e 8). Desta forma não se verificou a adição de qualquer ponto decorrente dos mesmos.

Avaliação Ergonómica

| | | | |
|--------|----------|----------|---|
| 0 | 1 | 2 | +1 |
| < 5Kgs | 5-10 Kgs | > 10 Kgs | Choque ou rápido desencadeamento da força |

Tabela 7- Cotação dos fatores força/carga para a posição 1

| | | | |
|--------------------------------------|--|----------|---|
| 0 (Boa) | 1 (Aceitável) | 2 (Má) | 3 (Inaceitável) |
| Pega bem ajustada e pega de potência | Pega aceitável, mas não ideal ou aceitável, mas feita por outra parte do corpo | > 10 Kgs | Choque ou rápido desencadeamento da força |

Tabela 8- Cotação dos fatores qualidade/tipo de pega para a posição 1

A pontuação REBA final (figura 16) é determinada pela conjugação das pontuações dos grupos A e B (tabela 9) acrescida da pontuação de atividade (tabela 10).

| | | Pontuação B | | | | | | | | | | | |
|-------------|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Pontuação A | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 |
| | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |

Tabela 9- Conjugação das pontuações dos Grupos A e B para a posição 1

| Descrição | Pontuação |
|--|-----------|
| Uma ou mais partes do corpo estão estáticas, mantidas durante mais de um minuto | +1 |
| Pequeno número de ações repetidas mais de quatro vezes por minuto (sem incluir caminhar) | |
| A ação causa rápidas alterações às posturas numa base instável | |

Tabela 10- Pontuação de atividade na posição 1

Tendo em consideração que uma ou mais partes do corpo estão estáticas, mantidas durante mais de um minuto, verificou-se a adição de um ponto de atividade.

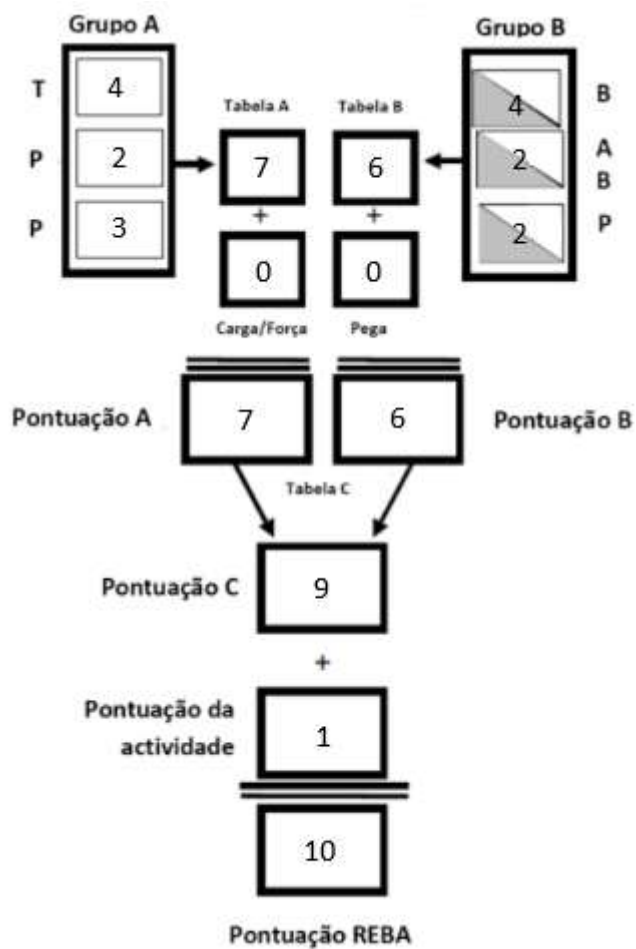


Figura 16- Pontuação REBA final para a posição 1

Desta forma a pontuação REBA final para a posição 1 é de dez pontos, o que indica um nível de risco alto e a necessidade de alterações a curto prazo (tabela 11).

| Níveis de ação | Pontuação REBA | Níveis de risco | Ação (incluindo avaliação adicional) |
|----------------|----------------|-----------------|---|
| 0 | 1 | Negligenciável | Não necessária |
| 1 | 2-3 | Baixo | Pode ser necessária |
| 2 | 4-7 | Médio | Necessária a médio prazo |
| 3 | 8-10 | Alto | Necessária a curto prazo |
| 4 | 11-15 | Muito alto | Necessária já |

Tabela 11- Níveis de risco e necessidade de ação para a posição 1

3.2.2. Avaliação da posição 2

A análise da posição 2 foi conduzida seguindo os mesmos parâmetros da posição 1. Desta forma e no que concerne aos segmentos que compõem o grupo A, atribuiu-se uma pontuação de quatro para o tronco, dois para o pescoço e um para as pernas (tabela 12). À semelhança do que se verificou na figura 1, a pontuação do tronco inclui um ponto decorrente da rotação do mesmo.

| Grupo A | Movimento | Pontuação | Alterações à pontuação |
|---------|------------------|-----------|------------------------|
| Tronco | Flexão 20° - 60° | 3 | +1 (rotação de tronco) |
| Pescoço | Flexão > 20° | 2 | - |
| Pernas | Apoio bilateral | 1 | - |

Tabela 12- Cotação dos segmentos do Grupo A para a posição 2

No que respeita aos segmentos que compõem o grupo B, braço, antebraço e pulso, estes foram cotados com três pontos, um ponto e dois pontos, respetivamente (tabela 13).

| Grupo B | Movimento | Pontuação | Alterações à pontuação |
|-----------|-------------------|-----------|------------------------|
| Braço | Flexão 45° - 90° | 3 | - |
| Antebraço | Flexão 60° - 100° | 1 | - |
| Pulso | Flexão > 15° | 2 | - |

Tabela 13- Cotação dos segmentos do Grupo B para a posição 2

Relativamente à pontuação dos grupos A e B, a conjugação das pontuações atribuídas aos seus segmentos determinou uma pontuação de cinco para o grupo A e de quatro para o grupo B (tabelas 14 e 15).

| | Pescoço | | | | | | | | | | | |
|--------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Pernas | | | | | | | | | | | | |
| Tronco | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
| 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 3 | 2 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 4 | 3 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 5 | 4 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |

Tabela 14- Cotação REBA do Grupo A para a posição 2

| Pulso | Antebraço | | | | | |
|-------|-----------|---|---|---|---|---|
| | 1 | | | 2 | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Braço | | | | | | |
| 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |

Tabela 15- Cotação REBA do Grupo B para a posição 2

Da análise dos fatores de risco ou agravantes para o desempenho da atividade resultou a não adição de quaisquer pontos decorrentes destes fatores (tabelas 16 e 17).

| 0 | 1 | 2 | +1 |
|--------|----------|----------|---|
| < 5Kgs | 5-10 Kgs | > 10 Kgs | Choque ou rápido desencadeamento da força |

Tabela 16- Cotação dos fatores força/carga para a posição 2

| 0 (Boa) | 1 (Aceitável) | 2 (Má) | 3 (Inaceitável) |
|--------------------------------------|--|----------|---|
| Pega bem ajustada e pega de potência | Pega aceitável, mas não ideal ou aceitável, mas feita por outra parte do corpo | > 10 Kgs | Choque ou rápido desencadeamento da força |

Tabela 17- Cotação dos fatores qualidade/tipo de pega para a posição 2

A conjugação das pontuações dos grupos A e B (tabela 18), acrescida da pontuação de atividade (tabela 19) determinou uma pontuação REBA final de seis pontos (figura 17), indicando assim um nível de risco médio e a necessidade de se efetuarem alterações a médio prazo (tabela 20).

| | | Pontuação B | | | | | | | | | | | |
|-------------|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Pontuação A | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 |
| | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |

Tabela 18- Conjugação das pontuações dos Grupos A e B para a posição 2

| Descrição | Pontuação |
|--|-----------|
| Uma ou mais partes do corpo estão estáticas, mantidas durante mais de um minuto | ⊕1 |
| Pequeno número de ações repetidas mais de quatro vezes por minuto (sem incluir caminhar) | |
| A ação causa rápidas alterações às posturas numa base instável | |

Tabela 19- Pontuação de atividade na posição 2

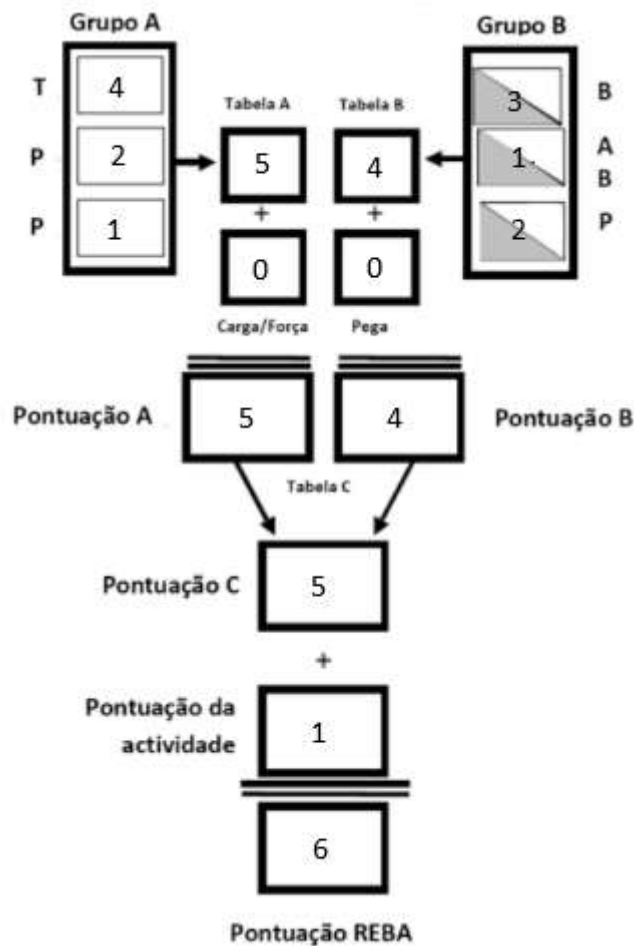


Figura 17- Pontuação final REBA para a posição 2

| Níveis de ação | Pontuação REBA | Níveis de risco | Ação (incluindo avaliação adicional) |
|----------------|----------------|-----------------|---|
| 0 | 1 | Negligenciável | Não necessária |
| 1 | 2-3 | Baixo | Pode ser necessária |
| 2 | 4-7 | Médio | Necessária a médio prazo |
| 3 | 8-10 | Alto | Necessária a curto prazo |
| 4 | 11-15 | Muito alto | Necessária já |

Tabela 20- Níveis de risco e necessidade de ação para a posição 2

3.3. Condições atuais de trabalho e proposta de melhoria

A análise efetuada, recorrendo à aplicação do Questionário Nórdico Músculo-Esquelético (QNM-E) e do método de avaliação ergonómica REBA, permitiu constatar que o posto de trabalho, nas condições atualmente observadas, apresenta deficiências significativas do ponto de vista ergonómico. Estas lacunas tornam imperativa a implementação de modificações estruturais e organizacionais, de carácter urgente, com o duplo objetivo de melhorar as condições de trabalho e, sempre que viável, aumentar a produtividade.

No que concerne ao equipamento utilizado no processo de soldadura, mais especificamente, a máquina de soldar semiautomática equipada com uma tocha de 5 metros de comprimento, as possibilidades de modificação estrutural ou funcional da mesma são extremamente limitadas. A redução do peso total do conjunto ou a alteração do formato e tipo de pega da tocha não se afiguram viáveis, uma vez que este modelo corresponde ao equipamento padrão atualmente comercializado e amplamente adotado no setor industrial. Consequentemente, a margem para intervenções ergonómicas a este nível encontra-se condicionada por fatores técnicos e de mercado, sendo a substituição por equipamentos de conceção específica uma solução de difícil implementação, tanto do ponto de vista económico como logístico.

Relativamente aos Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), a máscara de soldadura destaca-se como elemento essencial e de uso obrigatório para a execução segura da atividade. Não obstante a sua função protetora imprescindível, o uso prolongado deste equipamento acarreta riscos nomeadamente fadiga e desgaste muscular na região do pescoço, sendo esta uma das queixas apresentadas pelo trabalhador ao preencher o questionário nórdico músculo-esquelético, a qual decorre em parte da sobrecarga exercida pela máscara. À semelhança do que sucede com a máquina de soldar, a resolução deste problema revela-se igualmente complexa. Não existindo a possibilidade de eliminar ou substituir a máscara por outro dispositivo que ofereça o mesmo nível de proteção ocular e facial contra radiação, projeção de partículas e calor, são limitadas as alternativas que garantam a segurança do operador.

Avaliação Ergonómica

As máscaras atualmente utilizadas pela empresa, modelo ELECTREX X413, encontram-se entre as mais leves disponíveis no mercado, representando, portanto, uma opção otimizada dentro das limitações impostas pela tecnologia existente. Assim, eventuais melhorias ao nível do conforto e da redução da carga física associada à sua utilização dependerão, essencialmente, de avanços tecnológicos futuros no design e nos materiais de fabrico, capazes de reduzir o peso de forma significativa sem comprometer a proteção e a durabilidade exigidas para este tipo de equipamento.

No que respeita especificamente às mesas de soldadura atualmente em uso, verificou-se que o seu dimensionamento teve como critério principal o aproveitamento do tubo metálico utilizado na sua estrutura, não tendo sido realizado qualquer estudo prévio de adequação ergonómica ou de otimização da postura de trabalho. Com efeito, a altura padrão adotada resulta do aproveitamento de um tubo 80x40x3mm com comprimento total de 6000 mm, cortado em dez secções iguais sobre os quais é soldado um tubo da mesma dimensão o que perfaz uma altura total de 680mm. Cada mesa assenta sobre um pé constituído por um varão roscado, o que permite um ajuste vertical de aproximadamente 60 mm. Consequentemente, a altura efetiva de trabalho pode variar apenas entre 680 mm e 740 mm. Como é possível verificar pela figura 18, está atualmente posicionada nos 720mm.



Figura 18- Altura inicial das mesas

Tendo em consideração a tabela de dados antropométricos (tabela 21) da população portuguesa apresentada adiante, e considerando o parâmetro da altura do cotovelo ao solo, é possível redefinir o dimensionamento das mesas de forma a garantir que estas sejam adequadas para aproximadamente 90% da população masculina portuguesa. Esta abordagem, centrada em dados antropométricos, permitirá não só uma adaptação mais ergonómica do posto de trabalho, mas também a redução de posturas forçadas e, conseqüentemente, a minimização do risco de lesões músculo-esqueléticas associadas à atividade de soldadura.

| Tabela UMINHO – dados antropométricos população portuguesa adulta | | | | | | | | |
|---|---------------------|------|------|----|--------------------|------|------|----|
| Dimensão antropométrica | População masculina | | | | População feminina | | | |
| | 5 | 50 | 95 | dp | 5 | 50 | 95 | dp |
| 1. Altura de pé | 1565 | 1690 | 1815 | 76 | 1456 | 1565 | 1674 | 66 |
| 2. Altura dos olhos (rel. ao solo) | 1463 | 1585 | 1707 | 74 | 1355 | 1465 | 1575 | 67 |
| 3. Altura do ombro (rel. ao solo) | 1277 | 1395 | 1513 | 72 | 1181 | 1290 | 1399 | 66 |
| 4. Altura do cotovelo (rel. ao solo) | 966 | 1050 | 1134 | 51 | 889 | 965 | 1041 | 46 |
| 5. Altura do punho (rel. ao solo) | 664 | 735 | 806 | 43 | 619 | 685 | 751 | 40 |
| 6. Altura sentado (rel. ao assento) | 818 | 920 | 1022 | 62 | 799 | 865 | 931 | 40 |
| 7. Distância olhos-assento | 716 | 810 | 904 | 57 | 696 | 760 | 824 | 39 |
| 8. Distância ombro-assento | 576 | 630 | 684 | 33 | 496 | 590 | 684 | 57 |
| 9. Distância cotovelo-assento | 206 | 255 | 304 | 30 | 191 | 250 | 309 | 36 |
| 10. Espessura da coxa | 134 | 180 | 226 | 28 | 124 | 165 | 206 | 25 |
| 11. Comprimento máximo da coxa | 518 | 590 | 662 | 44 | 517 | 570 | 623 | 32 |
| 12. Distância coxa-poplíteo | 419 | 485 | 551 | 40 | 421 | 470 | 519 | 30 |
| 13. Altura do joelho (rel. ao solo) | 459 | 525 | 591 | 40 | 434 | 480 | 526 | 28 |
| 14. Altura do poplíteo (rel. ao solo) | 347 | 400 | 453 | 32 | 327 | 365 | 403 | 23 |
| 15. Largura dos ombros (bideltóide) | 426 | 475 | 524 | 30 | 379 | 445 | 511 | 40 |
| 16. Largura dos ombros (biacromial) | 299 | 335 | 371 | 22 | 251 | 300 | 349 | 30 |
| 17. Largura das ancas | 341 | 380 | 419 | 24 | 342 | 400 | 458 | 35 |
| 18. Espessura do peito (busto) | 221 | 265 | 309 | 27 | 226 | 275 | 324 | 30 |
| 19. Espessura abdominal | 204 | 260 | 316 | 34 | 201 | 260 | 319 | 36 |
| 20. Distância cotovelo-punho | 320 | 350 | 380 | 18 | 292 | 320 | 348 | 17 |
| 21. Alcance funcional vertical (de pé) | 1875 | 2030 | 2185 | 94 | 1719 | 1860 | 2001 | 86 |
| 22. Alcance funcional vertical (sentado) | 1117 | 1250 | 1383 | 81 | 1071 | 1165 | 1259 | 57 |
| 23. Alcance funcional anterior | 628 | 730 | 832 | 62 | 621 | 675 | 729 | 33 |
| 24. Altura lombar (rel. ao assento) | 166 | 215 | 264 | 30 | 174 | 220 | 266 | 28 |
| 25. Peso (Kg) | 57 | 75 | 93 | 11 | 49 | 65 | 81 | 10 |

Tabela 21 - Tabela antropométrica (Lima, 2012)

As medidas antropométricas seguem uma distribuição normal. Como é possível verificar na tabela 21, as medidas antropométricas considerando o ponto 4 - altura do cotovelo (relativamente ao solo), o percentil 50 define uma dimensão de 1050mm com um desvio padrão de 51mm. Pela análise da tabela 22, para o percentil 90 o valor da tabela de Gauss é 1,28. Considerando um fator de correção para o caçado de 25mm, resulta a seguinte equação:

$$P_{90} = 1050 + 51 * 1,28 + 25 \approx 1140m$$

| | | | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| p | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.10 |
| z | -2.33 | -2.05 | -1.88 | -1.75 | -1.64 | -1.55 | -1.48 | -1.41 | -1.34 | -1.28 |
| p | 0.11 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.18 | 0.19 | 0.20 |
| z | -1.23 | -1.18 | -1.13 | -1.08 | -1.04 | -0.99 | -0.95 | -0.92 | -0.88 | -0.84 |
| p | 0.21 | 0.22 | 0.23 | 0.24 | 0.25 | 0.26 | 0.27 | 0.28 | 0.29 | 0.30 |
| z | -0.81 | -0.77 | -0.74 | -0.71 | -0.67 | -0.64 | -0.61 | -0.58 | -0.55 | -0.52 |
| p | 0.31 | 0.32 | 0.33 | 0.34 | 0.35 | 0.36 | 0.37 | 0.38 | 0.39 | 0.40 |
| z | -0.50 | -0.47 | -0.44 | -0.41 | -0.39 | -0.36 | -0.33 | -0.31 | -0.28 | -0.25 |
| p | 0.41 | 0.42 | 0.43 | 0.44 | 0.45 | 0.46 | 0.47 | 0.48 | 0.49 | 0.50 |
| z | -0.23 | -0.20 | -0.18 | -0.15 | -0.13 | -0.10 | -0.08 | -0.05 | -0.03 | 0.00 |
| p | 0.51 | 0.52 | 0.53 | 0.54 | 0.55 | 0.56 | 0.57 | 0.58 | 0.59 | 0.60 |
| z | 0.03 | 0.05 | 0.08 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.18 | 0.20 | 0.23 | 0.25 |
| p | 0.61 | 0.62 | 0.63 | 0.64 | 0.65 | 0.66 | 0.67 | 0.68 | 0.69 | 0.70 |
| z | 0.28 | 0.31 | 0.33 | 0.36 | 0.39 | 0.41 | 0.44 | 0.47 | 0.50 | 0.52 |
| p | 0.71 | 0.72 | 0.73 | 0.74 | 0.75 | 0.76 | 0.77 | 0.78 | 0.79 | 0.80 |
| z | 0.55 | 0.58 | 0.61 | 0.64 | 0.67 | 0.71 | 0.74 | 0.77 | 0.81 | 0.84 |
| p | 0.81 | 0.82 | 0.83 | 0.84 | 0.85 | 0.86 | 0.87 | 0.88 | 0.89 | 0.90 |
| z | 0.88 | 0.92 | 0.95 | 0.99 | 1.04 | 1.08 | 1.13 | 1.18 | 1.23 | 1.28 |
| p | 0.91 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 0.995 |
| z | 1.34 | 1.41 | 1.48 | 1.55 | 1.64 | 1.75 | 1.88 | 2.05 | 2.33 | 2.58 |

Tabela 22- Valores de distribuição normal – tabela de Gauss

Na sequência do estudo desenvolvido e da análise aprofundada das condições ergonómicas do posto de trabalho, foi apresentada à empresa KAMOS, Lda, uma proposta de intervenção experimental. Esta consistiu na elevação da altura de uma das mesas de soldadura para 1115 mm, valor definido com base na análise antropométrica e ergonómica realizada ao longo da investigação. Foi definido o valor de 1115mm e não o de 1140mmn que resultou da equação pois como as mesas possuem um ajuste de aproximadamente 60mm não foi levada em consideração a correção de calçado de 25mm, deixando esta correção a efetuar de acordo com cada utilizador e para cada tipo de calçado utilizado.

A implementação desta alteração foi concebida como uma medida temporária e controlada, com um período mínimo de manutenção de 30 dias consecutivos. Este intervalo de tempo foi considerado adequado para permitir que os trabalhadores se adaptassem à nova configuração do posto e, simultaneamente, para recolher dados suficientemente robustos que possibilitassem uma comparação fidedigna com a situação inicial.

Ao final do período de teste, procedeu-se à repetição da aplicação do Questionário Nórdico de Músculo-Esqueléticas e do método de avaliação ergonómica REBA. Esta recolha de dados

permitiu avaliar, de forma objetiva, as eventuais melhorias nas condições posturais e no conforto do operador, bem como identificar potenciais reduções no risco de lesões músculo-esqueléticas.

Paralelamente, durante o mesmo período experimental, foi efetuada a monitorização do tempo efetivo de soldadura em condições de trabalho reais. Este acompanhamento teve como objetivo determinar se a alteração na altura da mesa se refletiu em mudanças significativas ao nível da produtividade, seja por aumento da eficiência operacional, seja pela redução de pausas decorrentes de desconforto físico ou fadiga.

Assim, a proposta apresentada à empresa não se limitou a uma modificação física do equipamento, mas configurou-se como um ensaio ergonómico controlado, concebido para gerar evidência empírica sólida que sustentasse eventuais decisões futuras de implementação definitiva ou replicação da medida noutros postos de trabalho.

4. Resultados e Discussão

No capítulo que se segue serão avaliadas as alterações ergonómicas que foram efetuadas no posto de trabalho, o seu impacto no trabalhador e na produtividade do mesmo. Para esta avaliação recorreu-se, uma vez mais, ao Questionário Nórdico Musculoesquelético e ao método de avaliação ergonómica REBA. O capítulo encerra com um estudo comparativo de tempos de forma a avaliar as possíveis alterações na produtividade.

4.1. Questionário Nórdico Músculo-esquelético

Após 30 dias de utilização da mesa de soldadura com a altura mudada para 1115mm foi pedido ao soldador que voltasse a preencher o QNM-E de forma a poder avaliar se as queixas se mantinham ou se havia alguma alteração. Na figura 19, apresenta-se o questionário preenchido pelo trabalhador.

A análise comparativa entre os resultados obtidos antes e após a intervenção evidencia que, das três regiões corporais inicialmente assinaladas com sintomatologia, apenas duas permanecem com queixas: região do pescoço e punhos/mãos. A sintomatologia lombar, anteriormente presente, deixou de ser reportada.

No pescoço, embora se tenham mantido as queixas, a escala da dor baixou significativamente, passando de sete em dez para apenas três em dez. Já ao nível dos punhos/mãos não houve qualquer alteração face ao anteriormente reportado o que revela que a modificação ergonómica efetuada, não foi sentida como eficaz por parte do soldador dado não ter sortido efeito ao nível da redução da sintomatologia, mantendo uma gradação de dor de três em dez.

Manteve-se a ausência de queixas nas regiões das ancas/coxas, joelhos e tornozelos/pés.

Questionário Nórdico Músculo-esquelético

Código:

Idade 53 Data de nascimento 04/05/72 Sexo M Data de hoje 19/08/2025
 Posto de trabalho soldador Estado civil [REDACTED]
 Nome [REDACTED]

| Considerando os últimos 12 meses, teve algum problema (tal como dor, desconforto ou dormência) nas seguintes regiões: | Responda, apenas, se tiver algum problema | | Durante os últimos 12 meses teve que evitar as suas actividades normais (trabalho, serviço doméstico ou passatempos) por causa de problemas nas seguintes regiões: |
|---|---|---|---|
| | Teve algum problema nos últimos 7 dias, nas seguintes regiões: | | |
| 1. Pescoço? Não <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> | 2. Pescoço? Não <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> | 3. Pescoço? Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 4. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Dor Máxima |
| 5. Ombros? Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no ombro direito 3 <input type="checkbox"/> , no ombro esquerdo 4 <input type="checkbox"/> em ambos | 6. Ombros? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no ombro direito 3 <input type="checkbox"/> , no ombro esquerdo 4 <input type="checkbox"/> em ambos | 7. Ombros? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no ombro direito 3 <input type="checkbox"/> , no ombro esquerdo 4 <input type="checkbox"/> em ambos | 8. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Dor Máxima |
| 9. Cotovelo? Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no cotovelo direito 3 <input type="checkbox"/> , no cotovelo esquerdo 4 <input type="checkbox"/> em ambos | 10. Cotovelo? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no cotovelo direito 3 <input type="checkbox"/> , no cotovelo esquerdo 4 <input type="checkbox"/> em ambos | 11. Cotovelo? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no cotovelo direito 3 <input type="checkbox"/> , no cotovelo esquerdo 4 <input type="checkbox"/> em ambos | 12. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Dor Máxima |
| 13. Punho/Mãos? Não <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no punho/mãos direitos 3 <input type="checkbox"/> , no punho/mãos esquerdos 4 <input type="checkbox"/> em ambos | 14. Punho/Mãos? Não <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no punho/mãos direitos 3 <input type="checkbox"/> , no punho/mãos esquerdos 4 <input type="checkbox"/> em ambos | 15. Punho/Mãos? Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> , no punho/mãos direitos 3 <input type="checkbox"/> , no punho/mãos esquerdos 4 <input type="checkbox"/> em ambos | 16. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Dor Máxima |
| 17. Região Torácica? Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 18. Região Torácica? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 19. Região Torácica? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 20. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Dor Máxima |
| 21. Região Lombar? Não <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> | 22. Região Lombar? Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 23. Região Lombar? Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 24. Sem Dor <input checked="" type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Dor Máxima |
| 25. Ancas/Coxas? Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 26. Ancas/Coxas? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 27. Ancas/Coxas? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 28. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Dor Máxima |
| 29. Joelhos? Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 30. Joelhos? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 31. Joelhos? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 32. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Dor Máxima |
| 33. Tornozelo/Pés? Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 34. Tornozelo/Pés? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 35. Tornozelo/Pés? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> | 36. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Dor Máxima |

Figura 19- Aplicação do questionário Nórdico Musculoesquelético após intervenção

4.2. Reavaliação postural segundo o método REBA

Após ser efetuada a alteração ao posto de trabalho e decorridos 30 dias, período de adaptação, procedeu-se à reavaliação postural segundo o método REBA (posições 3 e 4). As posições 3 (figura 20) e 4 (figura 22) são as posições homólogas às anteriores posições 1 e 2 respetivamente. Na posição 3 e 4 o soldador encontra-se a soldar os mesmos locais das posições 1 e 2.

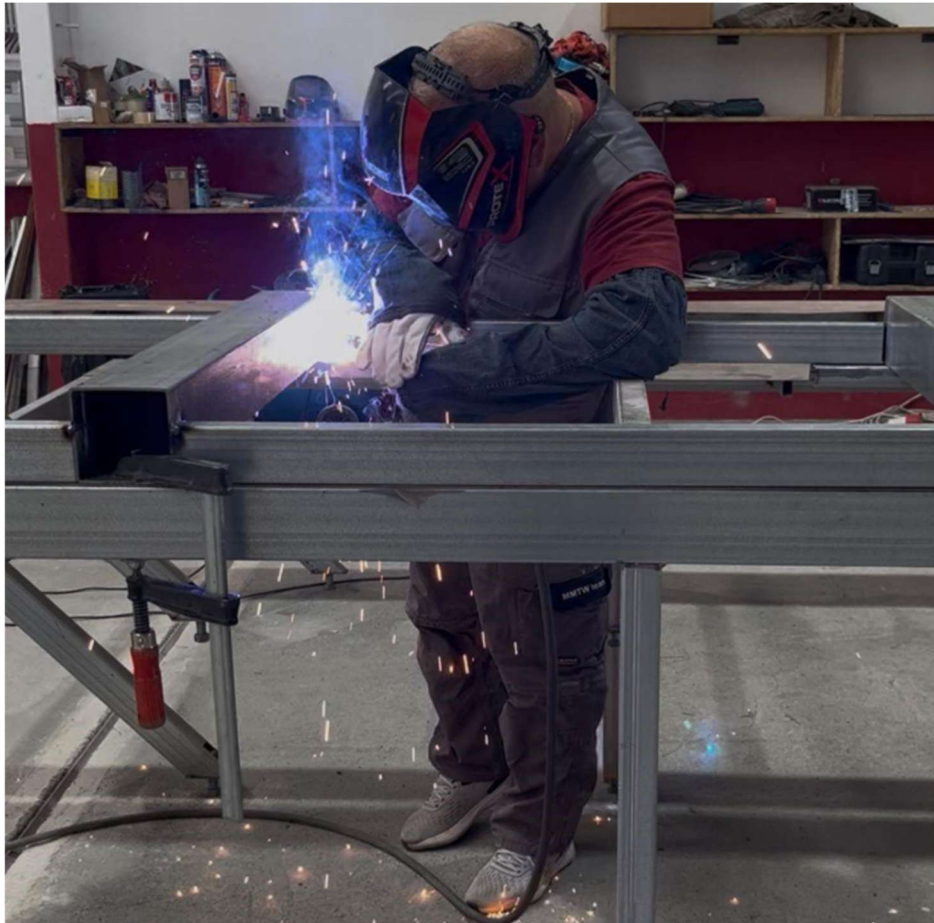


Figura 20- Posição 3

A posição 3 foi avaliada com base nos mesmos critérios adotados para as posições 1 e 2. Por conseguinte foram atribuídas aos segmentos que compõem o grupo A as seguintes pontuações, dois para o tronco, um para o pescoço e dois para as pernas (tabela 23).

| Grupo A | Movimento | Pontuação | Alterações à pontuação |
|---------|------------------|-----------|------------------------|
| Tronco | Flexão 0° - 20° | 2 | - |
| Pescoço | Flexão 0°-20° | 1 | - |
| Pernas | Apoio unilateral | 2 | - |

Tabela 23- Cotação dos segmentos do Grupo A para a posição 3

Avaliação Ergonómica

Por sua vez os segmentos que compõem o grupo B (braço, antebraço e pulso) foram cotados com um ponto (tabela 24).

| Grupo B | Movimento | Pontuação | Alterações à pontuação |
|-----------|---------------------------|-----------|------------------------|
| Braço | Extensão 20° a Flexão 20° | 1 | - |
| Antebraço | Flexão 60° - 100° | 1 | - |
| Pulso | Flexão 0° -15° | 1 | - |

Tabela 24- Cotação dos segmentos do Grupo B para a posição 3

Relativamente as pontuações dos grupos A e B, a conjugação das pontuações atribuídas aos segmentos que compõem cada um dos grupos determinaram uma pontuação de três para o grupo A e um para o grupo B (tabelas 25 e 26).

| Pernas | Pesçoço | | | | | | | | | | | |
|--------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Tronco | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
| 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 3 | 2 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 4 | 3 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 5 | 4 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |

Tabela 25- Cotação REBA do Grupo A para a posição 3

| Pulso | Antebraço | | | | | |
|-------|-----------|---|---|---|---|---|
| | 1 | | | 2 | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Braço | | | | | | |
| 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |

Tabela 26- Cotação REBA do Grupo B para a posição 3

Relativamente aos fatores de risco ou agravantes para o desempenho da atividade (tabelas 27 e 28), não se verificou qualquer tipo de influência, pelo que não foram atribuídos quaisquer pontos decorrentes dos mesmos.

Avaliação Ergonómica

| | | | |
|--------|----------|----------|---|
| 0 | 1 | 2 | +1 |
| < 5Kgs | 5-10 Kgs | > 10 Kgs | Choque ou rápido desencadeamento da força |

Tabela 27- Cotação dos fatores força/carga para a posição 3

| | | | |
|--------------------------------------|--|----------|---|
| 0 (Boa) | 1 (Aceitável) | 2 (Má) | 3 (Inaceitável) |
| Pega bem ajustada e pega de potência | Pega aceitável, mas não ideal ou aceitável, mas feita por outra parte do corpo | > 10 Kgs | Choque ou rápido desencadeamento da força |

Tabela 28- Cotação dos fatores qualidade/tipo de pega para a posição 3

A assimilação das pontuações dos grupos A e B (tabela 29) e da pontuação de atividade (tabela 30) culminou numa pontuação REBA final de três pontos (figura 21), o que se traduz num nível de risco baixo (tabela 31).

| | | Pontuação B | | | | | | | | | | | |
|-------------|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Pontuação A | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 |
| | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |

Tabela 29- Conjugação das pontuações dos Grupos A e B para a posição 3

| Descrição | Pontuação |
|--|-----------|
| Uma ou mais partes do corpo estão estáticas, mantidas durante mais de um minuto | +1 |
| Pequeno número de ações repetidas mais de quatro vezes por minuto (sem incluir caminhar) | |
| A ação causa rápidas alterações às posturas numa base instável | |

Tabela 30- Pontuação de atividade na posição 3

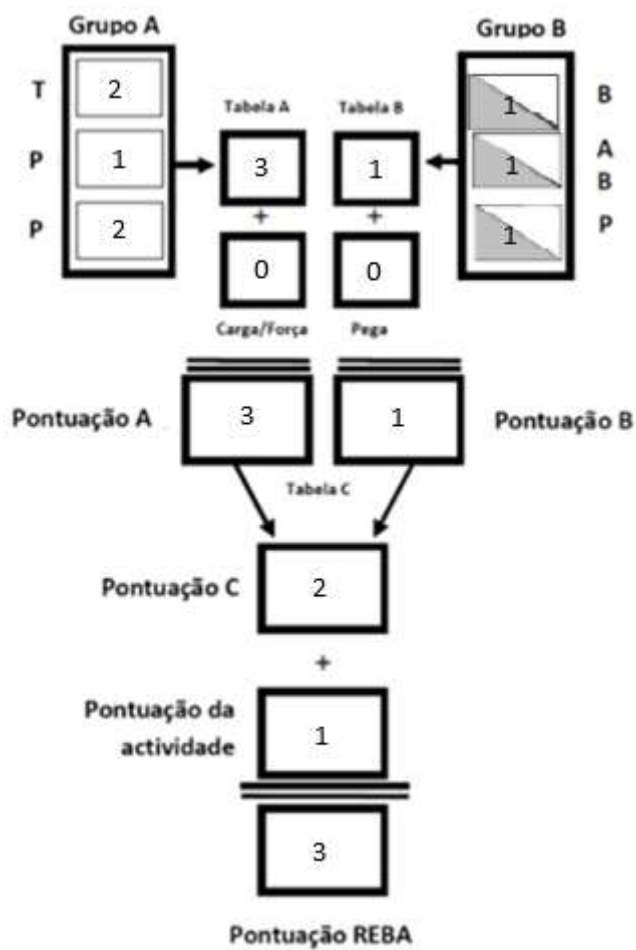


Figura 21- Pontuação final REBA para a posição 3

| Níveis de ação | Pontuação REBA | Níveis de risco | Ação (incluindo avaliação adicional) |
|----------------|----------------|-----------------|---|
| 0 | 1 | Negligenciável | Não necessária |
| 1 | 2-3 | Baixo | Pode ser necessária |
| 2 | 4-7 | Médio | Necessária a médio prazo |
| 3 | 8-10 | Alto | Necessária a curto prazo |
| 4 | 11-15 | Muito alto | Necessária já |

Tabela 31- Níveis de risco e necessidade de ação para a posição 3

Avaliação Ergonómica

A análise da posição 4 (figura 22), seguiu os mesmos critérios adotados para as posições anteriores. Em conformidade, para os segmentos que compõe o grupo A, foram estimadas pontuações de três para o tronco, com um ponto decorrente da rotação do mesmo, um para o pescoço e um para as pernas (tabela 32).



Figura 22- Posição 4

| Grupo A | Movimento | Pontuação | Alterações à pontuação |
|---------|-----------------|-----------|------------------------|
| Tronco | Flexão 0° - 20° | 2 | +1 |
| Pescoço | Flexão 0° -20° | 1 | - |
| Pernas | Apoio bilateral | 1 | - |

Tabela 32- Cotação dos segmentos do Grupo A para a posição 4

Relativamente aos segmentos que constituem o grupo B, todos foram cotados com um ponto (tabela 33).

Avaliação Ergonómica

| Grupo B | Movimento | Pontuação | Alterações à pontuação |
|-----------|---------------------------|-----------|------------------------|
| Braço | Extensão 20° a Flexão 20° | 1 | - |
| Antebraço | Flexão 60° - 100° | 1 | - |
| Pulso | Flexão 0° -15° | 1 | - |

Tabela 33- Cotação dos segmentos do Grupo B para a posição 4

Desta forma a conjugação das pontuações dos segmentos que compõem os grupos A e B determinaram a atribuição de dois pontos ao grupo A (tabela 34) e um ponto ao grupo B (tabela 35).

| | Pesçoço | | | | | | | | | | | | |
|--------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Pernas | | | | | | | | | | | | | |
| Tronco | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 | |
| 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 3 | 2 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| 4 | 3 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 5 | 4 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 | |

Tabela 34- Cotação REBA do Grupo A para a posição 4

| | Antebraço | | | | | |
|-------|-----------|---|---|---|---|---|
| | 1 | | | 2 | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Pulso | | | | | | |
| Braço | | | | | | |
| 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |

Tabela 35- Cotação REBA do Grupo B para a posição 4

À semelhança do que ocorreu nas restantes posições, a influência de fatores como força ou carga e qualidade ou tipo de pega revelou-se nula (tabelas 36 e 37).

| 0 | 1 | 2 | +1 |
|--------|----------|----------|---|
| < 5Kgs | 5-10 Kgs | > 10 Kgs | Choque ou rápido desencadeamento da força |

Tabela 36- Cotação dos fatores força/carga para a posição 4

Avaliação Ergonómica

| 0 (Boa) | 1 (Aceitável) | 2 (Má) | 3 (Inaceitável) |
|--------------------------------------|--|----------|---|
| Pega bem ajustada e pega de potência | Pega aceitável, mas não ideal ou aceitável, mas feita por outra parte do corpo | > 10 Kgs | Choque ou rápido desencadeamento da força |

Tabela 37- Cotação dos fatores qualidade/tipo de pega para a posição 4

A conjugação das pontuações dos grupos A e B (tabela 38) e da pontuação de atividade (tabela 39) determinou uma pontuação REBA final de dois pontos (figura 23), indicando assim um nível de risco baixo (tabela 40).

| | | Pontuação B | | | | | | | | | | | |
|-------------|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Pontuação A | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 |
| | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |

Tabela 38- Conjugação das pontuações dos Grupos A e B para a posição 4

| Descrição | Pontuação |
|--|-----------|
| Uma ou mais partes do corpo estão estáticas, mantidas durante mais de um minuto | +1 |
| Pequeno número de ações repetidas mais de quatro vezes por minuto (sem incluir caminhar) | |
| A ação causa rápidas alterações às posturas numa base instável | |

Tabela 39- Pontuação de atividade na posição 4

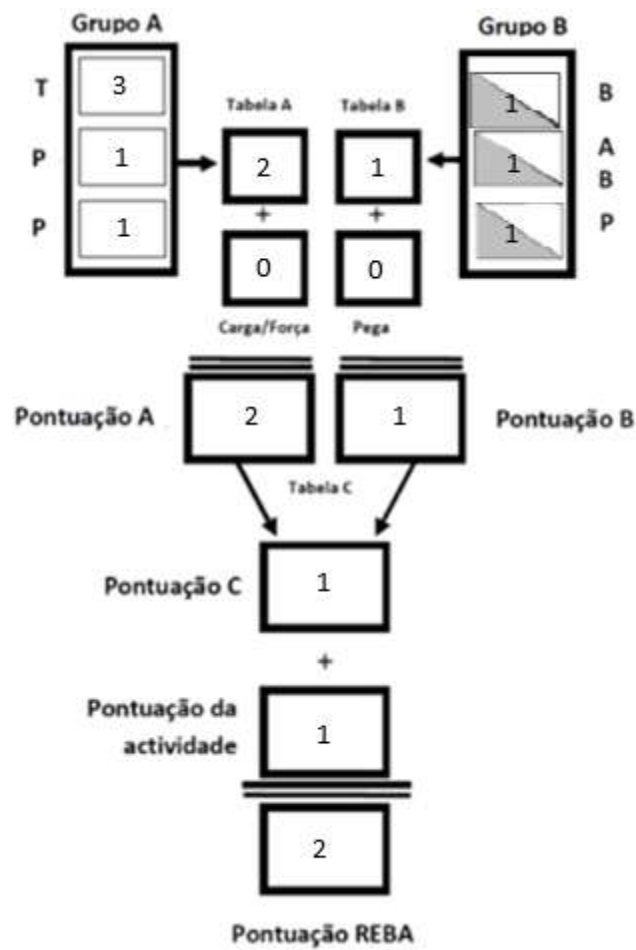


Figura 23- Pontuação final REBA para a posição 4

| Níveis de ação | Pontuação REBA | Níveis de risco | Ação (incluindo avaliação adicional) |
|----------------|----------------|-----------------|---|
| 0 | 1 | Negligenciável | Não necessária |
| 1 | 2-3 | Baixo | Pode ser necessária |
| 2 | 4-7 | Médio | Necessária a médio prazo |
| 3 | 8-10 | Alto | Necessária a curto prazo |
| 4 | 11-15 | Muito alto | Necessária já |

Tabela 40- Níveis de risco e necessidade de ação para a posição 4

4.3. Impacto na produtividade

Após a aplicação do Questionário Nórdico Músculo-Esquelético e do método de avaliação ergonómica REBA, constatou-se que a alteração implementada produziu efeitos relevantes tanto ao nível da sintomatologia como da ergonomia da postura do soldador.

No que respeita à sintomatologia, verificou-se, num período de apenas 30 dias, uma redução muito significativa das queixas relatadas pelo trabalhador, incluindo a eliminação total das dores na região lombar. A única área que não apresentou melhorias foi a do punho/mão, facto que se atribui às características do equipamento de soldadura e ao tipo de cordão de soldadura que é necessário executar. Não é possível proceder a alterações no equipamento utilizado, na pega da tocha de soldadura ou na posição do punho durante a execução da tarefa.

Na região do pescoço foi possível verificar uma diminuição da dor, ainda que não tenha ocorrido a sua eliminação completa. Esta melhoria pode ser explicada pela alteração do ângulo do pescoço decorrente do aumento da altura da mesa, permitindo ao trabalhador alcançar um ângulo substancialmente inferior ao anteriormente verificado, reduzindo assim a carga mecânica sobre esta região. Contudo, a sintomatologia não pôde ser totalmente eliminada, uma vez que, como referido anteriormente, a utilização prolongada da máscara de soldadura implica inevitavelmente uma sobrecarga na zona cervical.

Estas melhorias de sintomatologia são comprovadas pelo método de avaliação ergonómica REBA onde foi possível verificar que da posição 1 para a 3 se passou de uma pontuação de dez que corresponde a um nível de risco alto e à necessidade de se proceder a alterações a curto prazo, para uma pontuação de três que corresponde a um nível de risco baixo.

Da posição 2 para a 4 passou-se de uma pontuação REBA de seis que corresponde a um nível de risco médio e à necessidade de alterações a médio prazo para uma pontuação de dois que corresponde a um nível de risco baixo.

Através da utilização do QNM-E e do método REBA foi possível comprovar que a alteração efetuada teve o efeito pretendido ao nível da saúde e qualidade de vida do trabalhador, reduzindo a sintomatologia do mesmo e melhorando de forma muito relevante a sua posição de soldadura.

No que diz respeito à produtividade do trabalhador, a tabela de tempos obtida antes da intervenção foi a seguinte:

Avaliação Ergonómica

| MEDIÇÃO | TEMPO (segundos) | | |
|---------|------------------|---------------|------|
| 1 | 95 | | |
| 2 | 89 | | |
| 3 | 98 | | |
| 4 | 100 | | |
| 5 | 98 | | |
| 6 | 97 | | |
| 7 | 91 | | |
| 8 | 93 | | |
| 9 | 102 | | |
| 10 | 97 | | |
| 11 | 96 | | |
| 12 | 98 | | |
| 13 | 98 | | |
| 14 | 97 | Média | 96,1 |
| 15 | 92 | Desvio Padrão | 3,4 |

Tabela 41 - Tempos antes da alteração

Na tabela 41 é possível verificar um tempo médio de ciclo de aproximadamente 96s com um desvio padrão de 3,4s.

| MEDIÇÃO | TEMPO (segundos) | | |
|---------|------------------|---------------|-----|
| 1 | 115 | | |
| 2 | 118 | | |
| 3 | 109 | | |
| 4 | 114 | | |
| 5 | 114 | | |
| 6 | 115 | | |
| 7 | 120 | | |
| 8 | 109 | | |
| 9 | 110 | | |
| 10 | 113 | | |
| 11 | 111 | | |
| 12 | 115 | | |
| 13 | 113 | | |
| 14 | 107 | Média | 113 |
| 15 | 112 | Desvio Padrão | 3,4 |

Tabela 42 - Tempos após alterações

Na tabela 42 é possível observar os tempos de ciclo após alteração. Quando comparados com os tempos anteriores foi possível verificar um aumento do tempo médio de soldadura de 96s para 113s o que corresponde a um diferencial de mais 17s.

Embora à primeira vista corresponda a um aumento muito significativo de tempo (aproximadamente 17%), não se verificou uma diminuição da produção diária do trabalhador, produzindo o mesmo número de peças que produzia anteriormente. Este facto é atribuído à diminuição dos tempos de paragens e microparagens decorrentes de dor e desconforto.

A alteração efetuada resultou num aumento do conforto e bem-estar do trabalhador, traduzindo-se por essa razão numa diminuição dos tempos de paragem. Esta alteração pode a longo prazo resultar numa diminuição do número de baixas devido a lesão músculo-esquelética culminando assim num benefício para a empresa.

5. Conclusão

Este capítulo realiza a síntese final do trabalho, apresentando as conclusões alcançadas com o estudo efetuado. Seguidamente são apresentadas as limitações do trabalho executado concluindo com a apresentação de propostas para trabalhos futuros

5.1. Conclusões finais

A presente dissertação demonstrou que uma intervenção ergonómica simples, fundamentada antropometricamente, é capaz de reduzir de forma significativa a carga biomecânica e a sintomatologia musculoesquelética no contexto estudado. A metodologia utilizada, baseada numa combinação de instrumentos de autorrelato (QNM-E), e observacionais (REBA), permitiu caracterizar o risco postural inicial, implementar a modificação física do posto e reavaliar os efeitos decorridos 30 dias.

Os resultados foram ao encontro do esperado. Os sintomas lombares deixaram de existir, a dor no pescoço diminuiu de intensidade e o nível de risco, quantificado por REBA, passou de níveis alto/médio para níveis baixos nas posturas homólogas.

Simultaneamente, registou-se um aumento do tempo médio por peça, porém, este incremento não se traduziu em perda de produção diária, indiciando uma compensação por redução de paragens associadas ao desconforto.

Em termos operacionais, o balanço custo–benefício é favorável pois trata-se de um ajuste de baixa complexidade e custo, executável com recursos internos, que produziu ganhos claros de conforto para o utilizador.

Do ponto de vista científico, a dissertação reforça três princípios. Primeiro, confirma a utilidade de abordagens pragmáticas em ergonomia: diagnóstico rápido, intervenção precisa e reavaliação, desde que suportadas em princípios antropométricos e em métricas reconhecidas. Em seguida, evidencia que melhorias posturais locais (altura da bancada) podem produzir efeitos sistémicos, afetando disponibilidade, variabilidade do ritmo e previsibilidade do trabalho. Por último, comprova que a produtividade não deve ser avaliada apenas pelo tempo de ciclo, a ergonomia influencia sobretudo dimensões “ocultas” da eficiência (microparagens, fadiga, consistência), que importa serem medidas de forma explícita.

Em termos de contribuição prática, o estudo apresenta um caminho de implementação replicável. Este caminho passa pelo levantamento de queixas e observação metódica, definição do alvo ergonómico com base na antropometria da população em estudo, implementação do ajuste e reavaliação e por último, comunicação dos resultados à gestão operacional da empresa.

Adicionalmente, as evidências recolhidas suportam recomendações para postos idênticos que passam por privilegiar a ajustabilidade dos postos de trabalho para acomodar diferentes perfis antropométricos, promover a calibragem periódica da altura de trabalho de forma a estar sempre de acordo com os valores recomendados e incluir indicadores de ergonomia nos processos de melhoria contínua.

Em suma, a intervenção estudada constitui uma prova credível de que pequenas decisões de design do posto, quando baseadas em princípios ergonómicos e antropométricos, podem produzir benefícios cumulativos em saúde, qualidade e desempenho.

5.2. Limitações e trabalhos futuros

A interpretação dos resultados deve sempre ser feita levando em consideração um conjunto de limitações. Primeiramente, trata-se de um estudo de caso conduzido com um único operador e num único posto de trabalho, não existindo grupo de controlo. Esta limitação restringe a inferência causal e limita a generalização a outros contextos e perfis antropométricos. Em segundo lugar, o horizonte temporal de observação foi curto (30 dias), não permitindo captar fenómenos de habituação e eventuais efeitos retardados da intervenção.

Em termos de medição, a produtividade foi avaliada sobretudo através do tempo médio por peça fabricada, sem separação formal dos componentes de disponibilidade (microparagens e paragens planeadas) e de preparação da soldadura. Esta limitação condiciona a leitura do impacto operacional global.

Adicionalmente, os instrumentos utilizados para efetuar a avaliação (QNM-E e REBA) comportam inevitáveis componentes subjetivas (viés do respondente e do avaliador), não tendo sido complementados com medição objetiva de postura ou carga muscular.

Tendo presentes as limitações identificadas anteriormente, propõe-se a continuação desta investigação através do reforço da robustez causal, replicando a intervenção em vários operadores e postos de soldadura e se possível mantendo um grupo de controlo. Em paralelo, recomenda-se a integração de medição objetiva com instrumentação específica, utilizando sensores biomecânicos de modo a quantificar ângulos de forma precisa, tempos de paragem e repetição de movimentos, reduzindo a subjetividade inerente às avaliações observacionais.

No design do posto de trabalho, deverá igualmente ser desenvolvida uma metodologia que permita o ajuste rápido com um curso de pelo menos 150mm possibilitando assim afinações direcionadas para cada utilizador do posto de trabalho.

Avaliação Ergonómica

Para poder avaliar o efeito global da intervenção ergonómica no desempenho, recomenda-se ainda a decomposição explícita do desempenho em tempo de ciclo, disponibilidade (microparagens/paragens) e tempo de setup.

Em simultâneo, deverá acompanhar-se a evolução dos EPI's, desde o design das máscaras de soldar à utilização de materiais mais leves para o fabrico das mesmas, passando por possíveis alterações do tipo de pega das tochas de soldadura. Sempre que haja avanços significativos nestes EPI's deverá proceder-se à alteração dos equipamentos utilizados e reavaliar o impacto dos novos equipamentos.

Por fim, será importante alargar o acompanhamento para períodos entre 6 e 12 meses de forma a conseguir avaliar fatores como o absentismo, queixas clínicas e custos médicos, permitindo avaliar de forma mais precisa o retorno real da alteração efetuada.

Referências

- Agahnejad, P. (2011). Análise ergonômica no posto de trabalho numa linha de produção utilizando método NIOSH – Um estudo de caso no pólo industrial de Manaus [Dissertação de Mestrado]. Repositório da Universidade Federal do Pará.
- Aguiar, J. (2009). *Análise da fiabilidade e repetibilidade de ferramenta de análise ergonômica: o exemplo simplificado do RULA* [Dissertação de Mestrado]. Repositório Aberto da Universidade do Porto. <http://hdl.handle.net/10216/59087>
- Alves, I. (2017). Validade e confiabilidade do questionário nórdico de sintomas musculoesqueléticos: uma revisão sistemática de literatura [Dissertação de Mestrado]. Repositório da Faculdade de Medicina da Bahia. <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/31269>
- Bridger, R. (2003). *Introduction to ergonomics* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b12640>
- Browne, R. C., Darcus, H. D., Roberts, C. G., Conrad, R., Edholm, O. G., Hick, W. E., Floyd, W. F., Morant, G. M., Mound, H., Murrell, K. F. H., & Randle, T. P. (1950). Ergonomics Research Society. *British Medical Journal*, 1(4660), 1009. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2037509/pdf/brmedj03596-0041b.pdf>
- Carneiro, P., Martins, J., & Torres, M. (2015). Musculoskeletal disorder risk assessment in home care nurses. *Work*, 51(4), 657–665. <https://doi.org/10.3233/WOR-152024>
- Cavalcante, V.A. (2011). *Ergonomia: método de avaliação de postura - OWAS*. <https://pt.scribd.com/doc/60511370/Ergonomia-metodo-Owas>.
- Cervai, S., & Polo, F. (2018). The impact of a participatory ergonomics intervention: the value of involvement. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 19(1), 55–73. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2016.1274454>
- Cook, G., Burton, L., Kiesel, K., Rose, G., & Bryant, M. (2010). *Movement: Functional Movement Systems – Screening, Assessing, Corrective Strategies* (1st ed.). On Target Publications.
- Creiasco, M., Giustetto, A., Caffaro, F., Colantoni, A., Cavallo, E., & Grigolato, S. (2019). Risk Assessment for Musculoskeletal Disorders in Forestry: A Comparison between RULA and REBA in the Manual Feeding of a Wood-Chipper. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(5), 793. <https://doi.org/10.3390/ijerph16050793>

Referências

- DeRango, K., Amick, B. C., Robertson, M., Rooney, T., Moore, A., & Bazzani, L. (2003). *The Productivity Consequences of Two Ergonomic Interventions*.
<https://doi.org/10.17848/wp03-95>
- Eeckelaert, L. (2020) Strategies to tackle musculoskeletal disorders at work. *European Agency for Safety and Health at Work*. <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/strategies-tackle-musculoskeletal-disorders-work>
- Equi, M. (2005). *Investigação de sobrecarga do sistema musculoesquelético em auxiliares de cozinha utilizando o método RULA e o mapa de desconforto postural*. [Dissertação de Mestrado]. Repositório da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. doi:10.11606/D.5.2005.tde-09102014-115019
- Esmaeel A. (2022). An Ergonomic Design of Workplace Layout Based on Anthropometric Measurements: A Literature Review. *Jornal of Ergonomics*, 12(6)
<https://doi.org/10.35248/2165-7556.22.12.323>
- European Agency for Safety and Health at Work. (s.d.). *Lesões musculoesqueléticas*.
<https://osha.europa.eu/pt/themes/musculoskeletal-disorders>
- Gonçalves, B. A. F., Abud Junior, G., & Gonçalves, R. L. (2023). Ergonomia: aplicação no ambiente escolar e nos estudos. *Revista foco*, 16(7), e2724.
<https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n7-143>
- Greef, M., & Broek., K. (2004). *Quality of the working environment and productivity - Research findings and case studies*. European Agency for Safety and Health at Work.
<http://osha.europa.eu/en/publications/reports/211>
- Hough, P., & Nel, M. (2017). Postural Risks and musculoskeletal discomfort of three preferred positions during laptop use amongst students. *South African Journal of Occupational Therapy*, 47(1), 3–8. <https://sajot.org.za/index.php/sajot/article/view/439>
- Iida, I., & Buarque, L. (2016). Introdução à Ergonomia. In Bluncher, *Ergonomia: projeto e produção* (3rd ed., pp. 1_26).
- International Ergonomics & Human Factors Association. (s.d.). What is Ergonomics (HFE).
<https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>
- Iqbal, M., Hasan, A., & Sikder, A. (2024). Ergonomics and Industry 4.0 - Review and Prospectives in Bangladesh. *Proceedings of the 6th Industrial Engineering and Operations Management Bangladesh Conference, Bangladesh*.
<https://doi.org/10.46254/BA06.20230057>
- Junior, J. (2009). *Diretrizes para uso das ferramentas de avaliação de carga física de trabalho em ergonomia: equação NIOSH e protocolo RULA*. [Dissertação de Mestrado]. Repositório da Universidade Federal de Santa Catarina.
<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/92479>

Referências

- Kapellusch, J. M., Silverstein, B. A., Bao, S. S., Thiese, M. S., Merryweather, A. S., Hegmann, K. T., & Garg, A. (2018). Risk assessments using the Strain Index and the TLV for HAL, Part II: Multi-task jobs and prevalence of CTS. *Journal of occupational and environmental hygiene*, 15(2), 157–166. <https://doi.org/10.1080/15459624.2017.1401709>
- Kendall, F.P., McCreary, E.K., Provance, P.G., Rodgers, M.M., & Romani, W.A. (2005). *Muscles: Testing and Function With Posture and Pain* (5th ed.). LWW.
- Kok, J. de, Vroonhof, P., Snijders, J., Roullis, G., Clarke, M., Peereboom, K., Dorst, P. van, & Isusi, I. (2019). Work-related musculoskeletal disorders: prevalence, costs and demographics in the EU. In *European Statistics on Accidents at Work*. European Risk Observatory. <https://doi.org/10.2802/66947>
- Kok, J., Vroonhof, P., Snijders, J., Roullis, G., Clarke, M., Peereboom, K., Dorst, P., & Isusi, I. (2019) *Work-related musculoskeletal disorders: prevalence, costs and demographics in the EU*. European Risk Observatory. https://osha.europa.eu/sites/default/files/Work-related_MSDs_prevalence_costs_and_demographics_in_the_EU_report.pdf
- Korhan, O., Fallaha, M., Çınar, Z., & Zeeshan, Q. (2023). The impact of industry 4.0 on Ergonomics. In Korhan, O. (Eds.), *Ergonomics - New Insights* (1st ed., pp. 1_25). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.102238>
- 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](https://doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-x)
- Labbafinejad, Y., Danesh, H., & Imanizade, Z. (2017). Assessment of upper limb musculoskeletal pain and posture in workers of packaging units of pharmaceutical industries. *Work*, 56(2), 337-344. <https://doi.org/10.3233/WOR-172495>
- Laudante, E., & Caputo, F. (2016). Design and Digital Manufacturing: an ergonomic approach for Industry 4.0.. *Systems & design: beyond processes and thinking*. Editorial Universitat Politècnica de València (1st ed., pp.922-934). <https://doi.org/10.4995/IFDP.2015.3297>
- Lima, B., Adalberto, S., Silva, D., & Duque, T. (2015) Aplicação do Método OWAS para avaliar as condições ergonômicas do processo de amarração frouxa entre feixes. *XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão*, 1 984-9354.
- Magee, D., & Manske, R. (2020). *Orthopedic Physical Assessment* (7th ed.). Elsevier.
- Maldonado-Macías, A., Realyvásquez, A., Hernández, J. L., & García-Alcaraz, J. (2015). Ergonomic assessment for the task of repairing computers in a manufacturing company: A case study. *Work*, 52(2), 393–405. <https://doi.org/10.3233/WOR-152118>
- Manzano, M. J. (2021). Lesões Músculo esqueléticas e trabalho. *Ecosaúde*. <https://noticias.ecosaude.pt/2021/04/27/lesoes-musculo-esqueleticas-e-trabalho/>

Referências

- Mesquita, C., Ribeiro, J. & Moreira, P. (2010). Portuguese version of the standardized Nordic musculoskeletal questionnaire: cross cultural and reliability. *Journal Public Health*, 18, 461-466. <https://doi.org/10.1007/s10389-010-0331-0>
- Moreira, E. & Nunes, L. (2016). A influência da ergonomia em melhorias produtivas utilizando a equação NIOSH. *Revista Gestão Industrial*, 12(4), 01-20. <https://doi.org/10.3895/gi.v12n4.4537>
- Motamedzade, M., Mohseni, M., Golmohammadi, R., & Mahjoob, H. (2011). Ergonomics intervention in an Iranian television manufacturing industry. *Work*, 38(3), 257–263. <https://doi.org/10.3233/WOR-2011-1129>
- Naeini, H. S., Dalal, K., & Karuppiah, K. (2018). *Economic effectiveness of Ergonomics interventions*. <https://www.researchgate.net/publication/328043417>
- Namwongsa, S., Puntumetakul, R., Neubert, M. S., Chaiklieng, S., & Boucaut, R. (2018). Ergonomic risk assessment of smartphone users using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) tool. *Plos one*, 13(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203394>
- Norman, D.A., & Draper, S.W. (1986). *User centered system design: New perspectives on human-computer interaction (1st ed.)*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780367807320>
- Norton, K., & Olds, T. (1996). *Anthropometrica: A Textbook of Body Measurement for Sports and Health Courses*. UNSW Press.
- Nunes, I. (2020). Introduction to musculoskeletal disorders. *European Agency for Safety and Health at Work*. <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/introduction-musculoskeletal-disorders>
- Oliveira, D. (2014). *Aspetos ergonômicos do levantamento manual de carga em Mulheres: relação com equação de NIOSH* [Tese de Doutorado]. Repositório Institucional UNESP. <http://hdl.handle.net/11449/105348>
- Pais, F. L., Azevedo, P. R., Medeiros, L. H., de Freitas, I. B., & Stamato, C. (2012). Ergonomic assessment among radiology technologists: a survey in a hospital. *Work*, 41, 1821–1827. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0641-1821>
- Pereira, C. C., Debiase, D. F., Farias, J. M. de, Madeira, K., & Longen, W. C. (2015). Análise do risco ergonômico lombar de trabalhadores da construção civil através do método NIOSH. *Revista Produção Online*, 15(3), 914–924. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v15i3.1888>
- Pheasant, S. (2003). *Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work* (2nd ed.). Taylor & Francis
- Rebelo, F. (2017). *Ergonomia no dia a dia* (2nd ed.). Edições Sílabo.

Referências

- Riascos, C., Gontijo, L., & Merino, E. (2021). Ergonomics in the occupational health and safety management system. *Revista Ação Ergonómica*, 15(2), 1_11.
<https://revistaacaoergonomica.org/article/10.4322/rae.v15n2.e202108/pdf/abergo-15-2-e202108-trans1.pdf>
- Saklani, A., & Jha, S. (2011). Impact of ergonomic changes on office employee productivity. In *International Journal of Management Research* (Vol. 2, Issue 1).
<http://ssrn.com/abstract=2443266>
- Samaei, S. E., Tirgar, A., Khanjani, N., Mostafaei, M., & Bagheri Hosseinabadi, M. (2017). Effect of personal risk factors on the prevalence rate of musculoskeletal disorders among workers of an Iranian rubber factory. *Work*, 57(4), 547–553.
<https://doi.org/10.3233/WOR-172586>
- Santos, J. (2009). *Desenvolvimento de um guião de Seleção de métodos para Análise de Risco de Lesões Músculo-Esqueléticas Relacionadas com o Trabalho (LMERT)* [Dissertação de Mestrado]. Repositório da Universidade do Minho. <https://hdl.handle.net/1822/10706>
- Serranheira, F., & Uva, A. (2006). Avaliação do risco de LMEMSLT: aplicação dos métodos RULA e SI. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, 6, 13-36.
<http://hdl.handle.net/10362/95594>
- Silva, O., & Buzzo, L. (2018). Um estudo das condições ergonómicas das cozinheiras das escolas de tempo integral do Município de Cascavel- PR. *Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research*, 22(3), 13-18.
- Teixeira, E., Okimoto, M., & Gontijo, L. (2011). Índice de levantamento da equação do NIOSH e lombalgia. *Revista Produção Online*, 11 (3), <https://doi.org/735-756>. 10.14488/1676-1901.v11i3.710
- Wachowicz, M. (2013). *Ergonomia*. Instituto Federal do Paraná.
- Wickens, C., Lee, J., Gordon, S., & Liu, Y. (2004). *An Introduction to Human Factors Engineering* (2nd ed.). Pearson Prentice Hall.
- Xu, Y. W., & Cheng, A. S. (2014). An onsite ergonomics assessment for risk of work-related musculoskeletal disorders among cooks in a Chinese restaurant. *Work*, 48(4), 539–545.
<https://doi.org/10.3233/WOR-131805>

Referências

Declaração de Integridade

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

NOME: Diogo Júlio Ferreira Espogeira Santos

ISEP, Porto, 14 de setembro de 2025

