

Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Aline Paganine Gomes

**Aplicação de ergonomia para a melhoria de
uma linha de costura de assentos
automóveis**

Outubro de 2023



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Aline Paganine Gomes

**Aplicação de ergonomia para a melhoria
de uma linha de costura de assentos
automóveis**

Dissertação de Mestrado em Engenharia Humana

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professora Doutora Paula Machado Sousa Carneiro

Professora Doutora Ana Sofia Pinho Colim

Outubro de 2023

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

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

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos sinceros a todos que me ajudaram nessa jornada do mestrado e da dissertação. Agradeço a empresa em que trabalho, que patrocinou esse mestrado e me possibilitou desenvolver minhas competências, especialmente em ergonomia.

O meu muito obrigada as Professoras: Doutora Ana Colim e Doutora Paula Carneiroo, por me orientarem nesta dissertação de mestrado, pelo apoio e disponibilidade fornecida e partilha de conhecimentos.

Um agradecimento ao meu companheiro Danilo por ter me ajudado enquanto dedicava as horas para o mestrado e a investigação.

A Susana, que trabalha comigo e me apoiou e suportou durante os testes ergonómicos.

E um agradecimento em especial para minha amiga e parceira de trabalho, Daiane que sempre compartilhou comigo o seu vasto conhecimento em ergonomia.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

Aplicação de ergonomia para a melhoria de uma linha de costura de assentos automóveis.

RESUMO

A indústria automotiva tem uma grande representatividade na economia mundial ao mesmo tempo em que apresenta um papel importante como vetor de inovação tecnológica. No entanto, mesmo com os avanços nos métodos de produção, as linhas de produção de costura são exemplos de processos que dificilmente podem ser totalmente automatizados, pois são processos predominantemente manuais que dependem da experiência, capacidade e interação das pessoas envolvidas, e os trabalhadores dessa indústria estão sujeitos a diversos riscos de lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT). O presente trabalho teve como objetivo principal comparar o risco de LMERT em duas diferentes máquinas de costura, reta e de coluna, em uma linha de costura de capas automotivas, e investigar a eficiência do uso do suporte ergonómico (*Perdelle-Néo*) para os membros superiores para máquinas de coluna. Foi usado o método de investigação-ação e utilizaram-se ferramentas de análise ergonómica como questionários, métodos observacionais e método de medição direta, entretanto as metodologias escolhidas não foram possíveis identificar de forma objetiva a eficiência do conforto do suporte ergonómico, será necessário um novo estudo utilizando a metodologia de EMG.

PALAVRAS-CHAVE

Costura, Ergonomia, *Perdelle-Néo*, LMERT, RULA, *Kimeia*.

Application of ergonomics to improve a car seat sewing line

ABSTRACT

The automotive industry has a large representation in the world economy while playing an important role as a vector of technological innovation. However, even with advances in production methods, sewing production lines are examples of processes that can hardly be fully automated, as they are predominantly manual processes that depend on the experience, capacity and interaction of the people involved, and the workers in this industry are subject to various risks of work-related musculoskeletal injuries (MSD). The main objective of the present study was to compare the risk of MSD in two different sewing machines, post bed and flat bed machines, in an automotive cover sewing line, and to investigate the efficiency of using the ergonomic support (Perdelle-Néo) for the upper limbs. The action research method was used and ergonomic analysis tools such as questionnaires, observational methods and direct measurement method were used, however the chosen methodologies were not possible to objectively identify the efficiency of the comfort of the ergonomic support, a new study using EMG methodology.

KEYWORDS

Sewing, Ergonomics, *Perdelle-Néo*, MSD, RULA, *Kimeia*.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas.....	xi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivo.....	2
1.3 Metodologias de Investigação.....	3
1.4 Organização da dissertação.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 LMERT em Portugal.....	5
2.2 Fatores de risco de desenvolvimento de LMERT.....	5
2.3 Repetitividade.....	7
2.4 Risco de desenvolvimento de LMERT membros superiores.....	8
2.5 Métodos de avaliação ergonómica.....	9
2.5.1 Método observacional: Rapid Upper Limb Assessment.....	9
2.5.2 Método de medição direta: <i>Kimea</i>	11
2.6 Risco de desenvolvimento de LMERT no processo de costura.....	14
2.7 Estudo do suporte ergonómico: <i>Perdelle-Néo</i>	14
3. Metodologia.....	18
3.1 Recolha de dados.....	18

3.2	Processo de costura e as máquinas de costura reta e de coluna	18
3.3	Suporte ergonómico (<i>Perdelle-Néo</i>).....	20
3.4	Instalação e formação do suporte ergonómico (<i>Perdelle-Néo</i>).....	21
3.5	Questionário de percepção	22
3.6	Análise ergonómica com <i>Kimea</i>	25
4.	Resultados, discussões e ações corretivas.....	28
4.1	Análise RULA.....	28
4.2	Resultados do questionário de percepção	28
4.3	Resultados e discussões do questionário de percepção.....	34
4.4	Resultados e discussão da avaliação ergonómica com o <i>Kimea</i>	35
4.4.1	Análise com o suporte	35
4.4.2	Análise sem o suporte	38
4.5	Limitações do estudo.....	40
4.6	Ações Corretivas.....	42
5.	Conclusão	43
	Referências Bibliográficas	44
	Apêndices	49
	Apêndice 1 – RULA com a máquina reta.....	50
	Apêndice 2 – RULA com a máquina de coluna.....	51
	Apêndice 3 – Questionário de percepção	52
	Apêndice 4 – Instrução de trabalho.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Percentagem de trabalhadores que referiram dores musculares nos ombros, pescoço e/ou membros superiores nos últimos 12 meses, por faixa etária e género, EU-28, 2015 (Petreanu & Seracin, 2013).....	8
Figura 2 – Categoria da pontuação do RULA, adaptado de: (McAtamney & Corlett, 1993).	10
Figura 3 – RULA: Adaptado de: (McAtamney & Corlett, 1993)	11
Figura 4 - Análise ergonómica por vídeo através do Kimea (MOOVENCY, 2023).....	12
Figura 5 – Componentes do Kimea (MOOVENCY, 2023).	12
Figura 6 – Exemplo de resultado da análise do Kimea (MOOVENCY, 2023).	13
Figura 7 – Representação da pontuação do Kimea (MOOVENCY, 2023).	14
Figura 8 - Média em todas as disciplinas valores médios de EMG (Deparetere et al., 2023)	15
Figura 9 - Pontuação VAS média no final das condições com e sem aparelho (Deparetere et al., 2023).	16
Figura 10 - Duração total das tarefas (Deparetere et al., 2023).....	16
Figura 11 - Avaliações RULA (Deparetere et al., 2023).	17
Figura 12: Fluxograma do processo de costura em uma indústria de automóvel	18
Figura 13: Máquina de costura reta (Vetron Typical, n.d.-a)	20
Figura 14: Postura dos braços em uma máquina reta	20
Figura 15: Máquina de coluna (Vetron Typical, n.d.-b)	20
Figura 16 Postura dos braços em uma máquina de coluna	20
Figura 17 Perdelle-Neo (Deparetere et al., 2023).	21
Figura 18 - Guia de horários de aplicação do questionário.	24
Figura 19 – Ilustração sobre o esforço dos braços de acordo com a tensão do elástico.....	25
Figura 20 – Análise Kimea sem o suporte.....	26
Figura 21 - Análise Kimea com o suporte.	26
Figura 22 – Sensores inerciais Kimea.	27
Figura 23 – Percepção sobre o ajuste do suporte.....	29
Figura 24 -Percepção se o suporte ajudou durante a operação	29
Figura 25 – Percepção sobre a mobilidade.	30
Figura 26 – Escala de Borg sobre o esforço com o uso do suporte.	31

Figura 27 - Teste 1 - Percepção de dor.	32
Figura 28 - Teste 2 - Percepção de dor.	32
Figura 29 - Teste 3 - Percepção de dor.	32
Figura 30 - Teste 1 - Região do corpo que sentiu dor.	33
Figura 31 - Teste 2 - Região do corpo que sentiu dor.	33
Figura 32 - Teste 3 - Região do corpo que sentiu dor.	34
Figura 33 – Pontuação final Kimea com o uso do suporte.	36
Figura 34 – Percentagem do tempo gasto em cada zona articular com o uso do suporte.	37
Figura 35 - Pontuação final Kimea sem o uso do suporte.	38
Figura 36 - Percentagem do tempo gasto em cada zona articular sem o uso do suporte.	39
Figura 37 – Erro com a leitura sensor durante o teste do Kimea.	42

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Principais fatores de risco de LMERT (reproduzido de Serranheira, Lopes e Uva 2005).....	7
Tabela 2 - Questionário de percepção	23

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

LMERT: Lesões Musculoesqueléticas Relacionadas ao Trabalho

MSD: Musculoskeletal Disorder

RULA: *Rapid Upper Limb Assessment*

OCRA: *Occupational Repetitive Actions*

EMG: Eletromiografia

EVA: Escala de Visual Analógica

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A indústria de automóvel é um importante setor da economia mundial. Em Portugal, esta indústria é responsável por 5,3% do PIB (AFIA, 2022). Apesar da crescente automatização industrial, algumas das atividades ainda dependem do trabalho manual, facto que faz aumentar os riscos para os trabalhadores, dentre eles os riscos relacionados com o desenvolvimento de lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT).

As LMERT podem ser causadas por muitas combinações de fatores diferentes. Estes incluem não apenas fatores físicos, pelos quais a carga mecânica aplicada ao sistema musculoesquelético pode causar LMERT, mas também por fatores organizacionais e psicossociais. A extensão em que esses fatores de risco ocorrem e afetam a saúde musculoesquelética dos trabalhadores está relacionada com várias dimensões contextuais, incluindo o social, o ambiente político e económico, a organização do local de trabalho, assim como fatores sociodemográficos e individuais (Kok et al., 2019).

De acordo com os dados da Agência Europeia de Segurança e Saúde no Trabalho, 60% dos trabalhadores que relataram um problema de saúde relacionado ao trabalho são caracterizados como LMERT. Em Portugal, a percentagem de trabalhadores que relataram ter sofrido de um ou mais distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho nos últimos 12 meses é de 54% (Petreanu & Seracin, 2013).

A automatização e a robotização ainda não conseguem resolver, numa relação de custo-qualidade, todas as diferentes exigências e as substanciais variações que se verificam nos processos de montagem. A indústria de automóvel é um exemplo disso. Desta forma continua a ser o Homem o principal elemento a ser utilizado nas linhas de montagem final (Serranheira, 2007).

A linhas de costura são exemplos de processos que dificilmente podem ser totalmente automatizados, pois são processos predominantemente manuais que dependem da experiência, capacidade e interação das pessoas envolvidas (Ribeiro, 2020).

O desenvolvimento da costura e da tecelagem está diretamente ligada ao desenvolvimento das civilizações humanas. Vestígios milenares da manufatura de tecidos são encontrados do extremo oriente até os lugares mais longínquos da América, com suas diferentes tecnologias e importâncias dentro das mais diversas sociedades (Ribeiro, 2020).

A indústria têxtil teve o seu grande avanço no século XVIII durante a revolução industrial na Inglaterra. Com o advento de novas tecnologias e máquinas, tais como as máquinas hidráulicas e, posteriormente, com a máquina a vapor, juntamente com a expansão do comércio mundial, a produção ganhou um crescimento de escala exponencial assim como de qualidade (Ribeiro, 2020).

Já em Portugal, a Indústria têxtil esteve sempre sob muita influência dos aspetos políticos. No entanto, a partir da década de 70 do século XX, houve uma consolidação desta indústria no país, principalmente devido ao custo baixo de mão de obra em comparação a outros países da Europa¹. Atualmente tanto o setor têxtil quanto o de vestuário representam em torno de 25% da produção da indústria transformadora e cerca de 30% do total da exportação da indústria transformadora em Portugal (Departamento de Engenharia Têxtil, n.d.).

De acordo com a realidade e as condições de trabalho industrial, os trabalhadores de costura são um grupo que podem apresentar alta prevalência de LMERT, que é atribuída a más posturas que devem ser mantidas durante todo o período de trabalho, bem como como os movimentos repetitivos de mãos e braços que caracterizam esse tipo de trabalho (Li' et al., 1995).

A costura é uma tarefa complexa envolvendo a coordenação de ambas as mãos, a operação geralmente requer que o trabalhador se incline para a frente para ter melhor controlo visual da tarefa. De muitas maneiras, dada a natureza fixa da máquina de costura, os trabalhadores devem adaptar a sua postura e ângulo de visão para que possam conduzir este tipo de trabalho (Kroemer, 2008).

Sendo assim, as questões de investigação que orientaram a presente dissertação foram: qual a diferença do risco entre máquinas de costuras retas e máquinas de costura de coluna? Quais seriam as alternativas para corrigir as máquinas de costura e minimizar o risco biomecânico para a máquina de coluna? O uso de suporte ergonómico pode melhorar a postura do membro superior e/ou trazer mais conforto para o trabalhador?

Devido à complexidade de automação de processos de costura e o alto índice de LMERT, o estudo foi realizado em uma fábrica automotiva que tem como principal processo a costura de capas automotivas.

1.2 Objetivo

O objetivo principal deste estudo manifestou-se no intuito de avaliar as condições ergonómicas numa linha de costura de capas automotivas, onde os trabalhadores, devido ao tipo da base da máquina de costura, têm os membros superiores elevados durante grande período do tempo, e investigar a

eficiência do uso do suporte ergonómico (*Perdelle-Néo*) para a prevenção de LMERT para os membros superiores e ter uma alternativa de trazer mais conforto para os trabalhadores.

Os objetivos específicos são:

- a) Aplicar ferramentas/métodos de ergonomia para identificar os riscos biomecânicos dos membros superiores;
- b) Realizar estudos ergonómicos com e sem o uso de um suporte para os membros superiores;
- c) Comparar os resultados com e sem o suporte;
- d) Concluir se o suporte tem impacto ou eficiência na redução dos riscos biomecânicos e/ou no conforto para os trabalhadores.

1.3 Metodologias de Investigação

A metodologia de investigação utilizada nesta dissertação foi a investigação-ação, centrada na busca de soluções para problemas das organizações. A investigação-ação, também denominada como pesquisa-ação, pode ser enquadrada em diversas definições e em diversas áreas do conhecimento. Uma das descrições desta metodologia é a de que ela é um modelo que inclui ação (mudança) e investigação (compreensão) ao mesmo tempo (Coutinho et al., 2009).

Krafta et al., 2007, caracterizam a pesquisa-ação como um método intervencionista, ou seja, o investigador atua diretamente sobre o problema que está a ser analisado. Diferentemente de outros métodos de investigação, onde o pesquisador assume uma posição de distanciamento do objeto, na pesquisa-ação o pesquisador não somente faz uma análise daquilo que observa, mas também intervém para a aplicação do conhecimento que foi gerado (Krafta et al., 2007).

Este tipo de metodologia foi escolhido por este presente trabalho justamente pela sua característica de interação com o objeto de estudo e que está diretamente ligado aos objetivos já citados desta investigação.

1.4 Organização da dissertação

A presente dissertação está dividida em 5 capítulos e estruturada da seguinte forma:

- Capítulo 1: Introdução – realizada abordagem do problema de pesquisa, perguntas da investigação, hipótese, objetivos gerais e específicos e a metodologia da investigação;

- Capítulo 2: Revisão de bibliografia – foi feita a revisão bibliográfica referente a temática da pesquisa localizando o leitor no segmento da temática escolhida;
- Capítulo 3: Metodologia - realizada a abordagem da forma como a pesquisa foi conduzida para se chegar aos resultados. Nesse capítulo está descrito como a coleta dos dados aconteceu, quais ferramentas foram utilizadas e a descrição da forma como foi realizada;
- Capítulo 4: Resultados, discussões e ações corretivas – os resultados colhidos através do questionário de percepção e do método observacional avançado que foram analisados e discutidos, limitações do estudo e as ações para correções, que podem ser implementadas para melhoria dos postos de trabalho e possível redução de futuras queixas.
- Capítulo 5: Conclusão – abordagem com a conclusão do estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LMERT em Portugal

As LMERT podem ser definidas como um conjunto de afeções que englobam desde situações de fadiga postural (extrema) até patologias com quadros clínicos bem caracterizados em termos de diagnóstico, tais como as tendinites/tendinoses, as tenossinovites, as síndromes canaliculares e entre outros (Serranheira & Sousa-Uva, 2011).

De acordo com a pesquisa do *Eurofound* de 2017 em Portugal, os riscos físicos mais prevalentes identificados estavam relacionados a movimentos repetitivos de mão ou braço e ficar em pé por longos períodos – 83,2% e 72,1% dos trabalhadores relataram estar expostos a esses riscos no trabalho pelo menos um quarto do tempo (Perista & Carrilho, 2017).

Muitas lesões têm uma causa mecânica. Fatores relacionados à força podem levar a lesões e podem influenciar a gravidade da mesma. Antes de desenvolver os múltiplos fatores de lesão, no entanto, estabelecemos uma definição: lesão é o dano sofrido pelos tecidos do corpo em resposta ao trauma físico. Essa definição é menos abrangente do que as noções geralmente aceitas de lesão, mas é útil no contexto da biomecânica da lesão musculoesquelética (Whiting & Zernicke, 2008).

As LMERT relacionadas com o trabalho constituem um problema mundial, quer ao nível social, da saúde ou até mesmo económico, estas lesões podem afetar diferentes partes do corpo, onde se incluem um conjunto de doenças inflamatórias e degenerativas do sistema locomotor que levam a uma quebra de produtividade e sofrimento pessoal. Fatores de risco, tais como a repetitividade da postura adotada durante a realização da atividade, resultam neste tipo de lesões (Rebelo, 2004).

2.2 Fatores de risco de desenvolvimento de LMERT

A origem das LMERT é caracterizada como multifatorial. Fatores físicos, psicossociais e individuais contribuem para o desenvolvimento e agravamento de lesões musculoesqueléticas. Apesar da importância dos fatores sociais e organizacionais no trabalho, as características individuais não devem ser subestimadas (Van Der Beek & Frings-Dresen, 1998).

Para David, 2005, a exposição mecânica durante o trabalho físico deve ser descrita por quatro principais dimensões: o nível de intensidade da força, repetitividade, a frequência de mudanças entre os níveis de força e duração e o tempo em que a atividade física é realizada.

Os principais fatores de risco de LMERT são: elevada repetitividade de gestos e movimentos, aplicação de força, manutenção prolongada das posturas inadequadas, exposição a vibrações e, por último, fatores psicossociais e organizacionais (Eurofound, 2010, 2012).

De acordo com Serranheira & Sousa-Uva, 2011, os principais fatores de risco de LMERT para a população portuguesa são divididos em três grupos: os riscos associados aos fatores físicos, fatores de riscos individuais e por último os fatores de riscos organizacionais/psicossociais.

De acordo com o *European Working Conditions Survey* (Eurofound, 2010, 2012, 2020) os fatores físicos da carga de trabalho ainda estão amplamente disseminados nos estados-membros da UE. Uma comparação entre os dados de 2005, 2010 e 2015 mostra uma leve diminuição da exposição para a maioria dos fatores de risco físicos, mas os trabalhadores europeus continuam expostos a vários riscos físicos associados a LMERT. Por exemplo: cerca de um terço dos trabalhadores (32%) carrega cargas pesadas pelo menos um quarto do tempo de trabalho, enquanto quase um em cada cinco (20%) está exposto a vibração. Além disso, 40% de todos os trabalhadores trabalham em posturas cansativas ou dolorosas por pelo menos um quarto do tempo e 61% estão expostos a movimentos repetitivos de mão ou braço (Ellegast, n.d.).

Conforme referido na Tabela 1 as características físicas do trabalho, frequentemente citadas como fatores de risco para LMERT com base tanto na ciência experimental quanto em investigações epidemiológicas, incluem ritmo de trabalho rápido e padrões de movimento repetitivos; tempo de recuperação insuficiente; levantamento de peso e esforços manuais vigorosos; posturas corporais não neutras (dinâmicas ou estáticas); concentrações de pressão mecânica; vibração segmentar ou de corpo inteiro; exposição local ou de corpo inteiro ao frio; e qualquer um deles em combinação entre si ou com características indesejáveis do ambiente psicossocial de trabalho, como altas demandas e baixo grau de controle sobre o próprio trabalho (Punnett & Wegman, 2004).

Tabela 1 - Principais fatores de risco de LMERT (reproduzido de Serranheira, Lopes e Uva 2005).

Fatores de risco físicos	Fatores de risco individuais	Fatores de risco organizacionais / psicossociais
Aplicação de força	Idade	Ritmos intensos de trabalho
Levantamento de transporte de cargas	Gênero	Diminuta latitude decisional; monotonia das tarefas; ausência de controle
Choques e impactos	Peso	Pressão temporal; ausência de pausas
Repetitividade (gestos e/ou movimentos)	Características antropométricas	Estilo de chefia; relacionamento com os colegas
Posturas estáticas ou repetidas no limite articular	Situação de saúde	Avaliação do desempenho
Contacto com ferramentas vibratórias	Patologias (ex: diabetes)	Exigências de produtividade
Temperaturas extremas - frio	Estilo de vida não saudáveis	Trabalho por objetivos; insatisfação profissional

2.3 Repetitividade

Normalmente os trabalhadores de costura executam atividades de trabalho por peça, montando partes componentes de uma peça final. A fragmentação do trabalho dessa forma significa que a tarefa costuma ser altamente repetitiva (Dianat et al., 2015).

De acordo com a ISO 11228-3 (2014), repetitividade é caracterizada quando uma pessoa está repetindo continuamente o mesmo ciclo de trabalho, as mesmas ações e movimentos.

O trabalho que envolve movimentos repetitivos é muito cansativo porque o trabalhador não consegue se recuperar totalmente nos curtos períodos entre os movimentos. Se a atividade de trabalho continuar apesar da fadiga, podem ocorrer lesões (Petreanu & Seracin, 2013).

Para Serranheira, considera-se que existe repetitividade numa situação de trabalho sempre que se reconhece a realização de movimentos idênticos realizados mais de duas a quatro vezes por minuto, acima de 50% do tempo de ciclo de trabalho, em ciclos de duração inferior a 30 segundos ou realizados durante mais de quatro horas, no total de um dia de trabalho (Serranheira, 2007).

Lesão por esforços repetitivos não é um diagnóstico, mas sim um termo genérico para distúrbios que se desenvolvem como resultado de movimentos repetitivos, posturas desajeitadas, força sustentada e outros fatores de risco. Estudos epidemiológicos têm demonstrado que os fatores psicossociais do local de trabalho, como baixa latitude de decisão (funcionários tendo pouco controle sobre suas práticas ou condições de trabalho), psicológica, angústia, trabalho monótono e relacionamentos ruins dentro no local de trabalho também estão associados a sintomas de lesão por esforço repetitivo (Van Tulder et al., 2007).

2.4 Risco de desenvolvimento de LMERT membros superiores

Distúrbios dos membros superiores são comuns na população em geral. Dados de estudos (nacionais) relatam uma prevalência de 5 a 10% para queixas inespecíficas de tensão que interferem nas atividades diárias, mas as taxas podem chegar de 22 a 40% em populações trabalhadoras específicas (Van Tulder et al., 2007).

De acordo com os resultados do sexto Inquérito Europeu sobre as Condições de Trabalho (EWCS), aproximadamente três em cada cinco trabalhadores na UE-28 relataram queixas de LMERT em 2015. Estas queixas auto relatadas são LMERT em geral e não apenas LMERT relacionadas com o trabalho. As LEMERT mais comuns são as dores nas costas (43%), mas as doenças dos membros superiores vêm em segundo lugar (41%) (Petreanu & Seracin, 2013).

As mulheres são mais propensas a relatar distúrbios de membros superiores e os percentuais aumentam com a idade dos trabalhadores. Mais de 1 em cada 2 mulheres trabalhadoras com 55 anos ou mais relatam uma doença nos membros superiores, como possível verificar na Figura 1, sendo azul-claro a percentagem de homens e azul-escuro a percentagem de mulheres (Petreanu & Seracin, 2013).

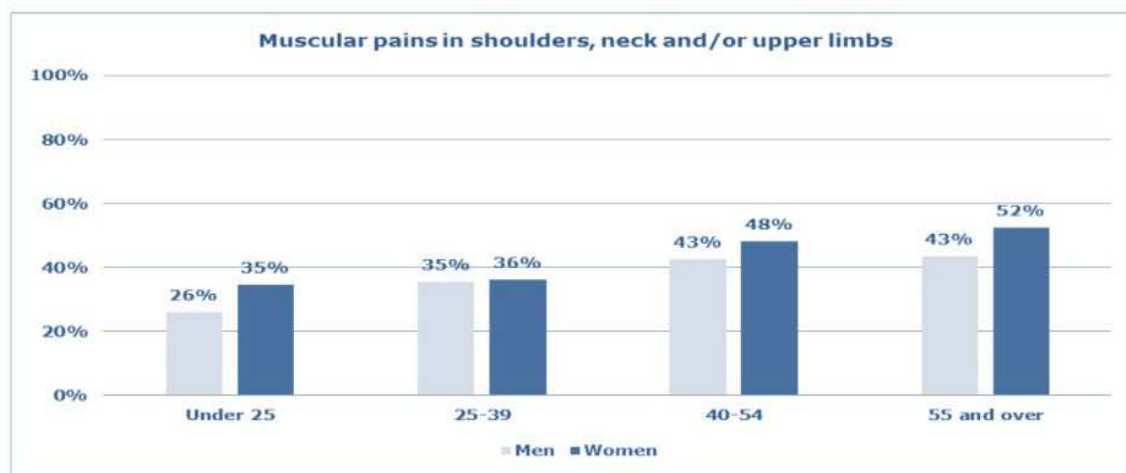


Figura 1 - Percentagem de trabalhadores que referiram dores musculares nos ombros, pescoço e/ou membros superiores nos últimos 12 meses, por faixa etária e gênero, EU-28, 2015 (Petreanu & Seracin, 2013).

2.5 Métodos de avaliação ergonómica

A análise ergonómica do trabalho tem como objetivo identificar e avaliar os fatores de risco de LMERT (Serranheira & Sousa-Uva, 2011). Atualmente existe uma grande diversidade de métodos de avaliação da exposição dos riscos de LMERT que identificam perigos ou fatores de risco no trabalho (David, 2005). Esses métodos e ferramentas podem ser caracterizados conforme descrito a seguir:

- Autoavaliação e *checklists*;
- Métodos observacionais simples e avançados;
- Métodos de medição direta;

Auto-avaliação e *checklist* são métodos que podem ser usados para coletar dados sobre exposição no local de trabalho, danos físicos e psicossociais, usando métodos que incluem diários de trabalhadores, entrevistas e questionários, como por exemplo o questionário nórdico (David, 2005).

Os métodos observacionais simples foram desenvolvidos para registrar sistematicamente a exposição no local de trabalho para serem avaliados por um observador e registados em folhas. Os números de fatores de exposição avaliados por diferentes técnicas variam (David, 2005).

Para os métodos observacionais avançados, a técnica é baseada em vídeo para a avaliação da variação postural de atividades altamente dinâmicas. Para esses métodos registam-se dados em vídeo que são posteriormente analisados objetivamente usando software dedicado (David, 2005).

Métodos observacionais simples, requerem a intervenção de um profissional experiente com base em ergonomia para observar as posturas do trabalhador, estimar os ângulos das articulações do corpo (cotovelo, ombro, joelho, tronco e pescoço), as cargas movimentadas e a frequência das operações, e relatar um índice de risco (Manghisi et al., 2020).

Os métodos de medição direta variam de dispositivos portáteis simples para a medição da amplitude de movimento articular, a goniómetros eletrónicos que fornecem registos contínuos do movimento nas articulações durante o desempenho de uma tarefa (David, 2005).

Com os métodos de medição direta há o uso de sensores conectados ao corpo do trabalhador, são métodos com aspetos do risco mais objetivos (Manghisi et al., 2020), por isso foi um dos métodos escolhidos para a investigação deste trabalho.

2.5.1 Método observacional: *Rapid Upper Limb Assessment*

O método *Rapid Upper Limb Assessment*, (RULA) é baseado na observação das posturas de segmentos individuais do corpo e assim é dado um valor numérico em relação ao quanto eles se desviam

da posição neutra. Pesos adicionais são dados às posturas de acordo com as forças/cargas manuseadas e a ocorrência de atividade muscular estática/repetitiva.

RULA é um método observacional com categorização das posturas corporais e força com níveis de ação para avaliação dos membros superiores, como é possível verificar na Figura 3, é usado para avaliar a postura, força e movimentos associados a tarefas sedentárias (uso de computadores), manufatura, tarefas de manipulação de índole repetitiva e de ciclos curtos. Estabelece-se uma pontuação associada à postura adotada por diferentes segmentos corporais, refletindo a sobrecarga musculoesquelética associada. A análise é feita para 2 grupos, nomeadamente Grupo A: Braço, antebraço, punho e rotação do punho; e Grupo B: Pescoço, tronco e membros inferiores (David, 2005),

O RULA é realizado através de observações em tempo real ou de um vídeo, onde são feitos registros das posturas mais frequentes ou críticas. Para cada postura, diferentes ângulos são identificados para cada membro, tanto do grupo A quanto do B, e através da folha de cálculo RULA é identificado a pontuação por grupos que levam a uma pontuação final que representa o nível de risco de LMERT (MOOVENCY, 2023).

A pontuação final RULA situa-se entre 1 e 7, e está associada a um nível de risco, conforme representado na Figura 2.

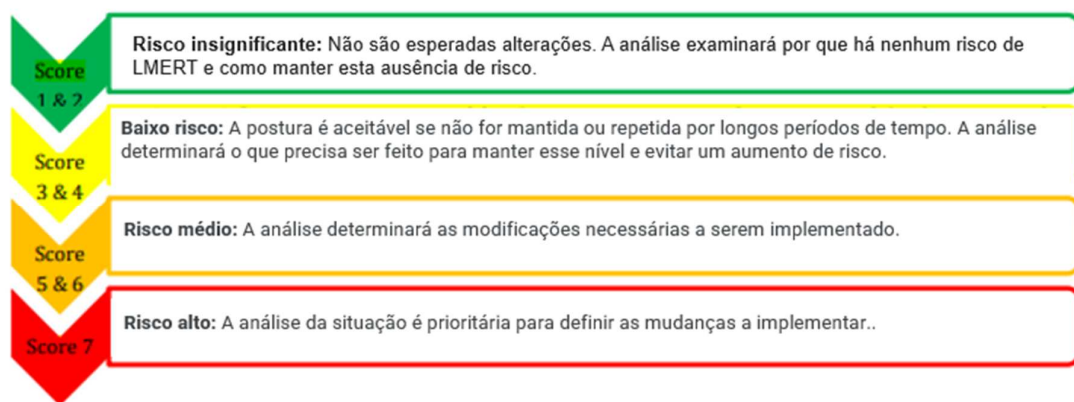
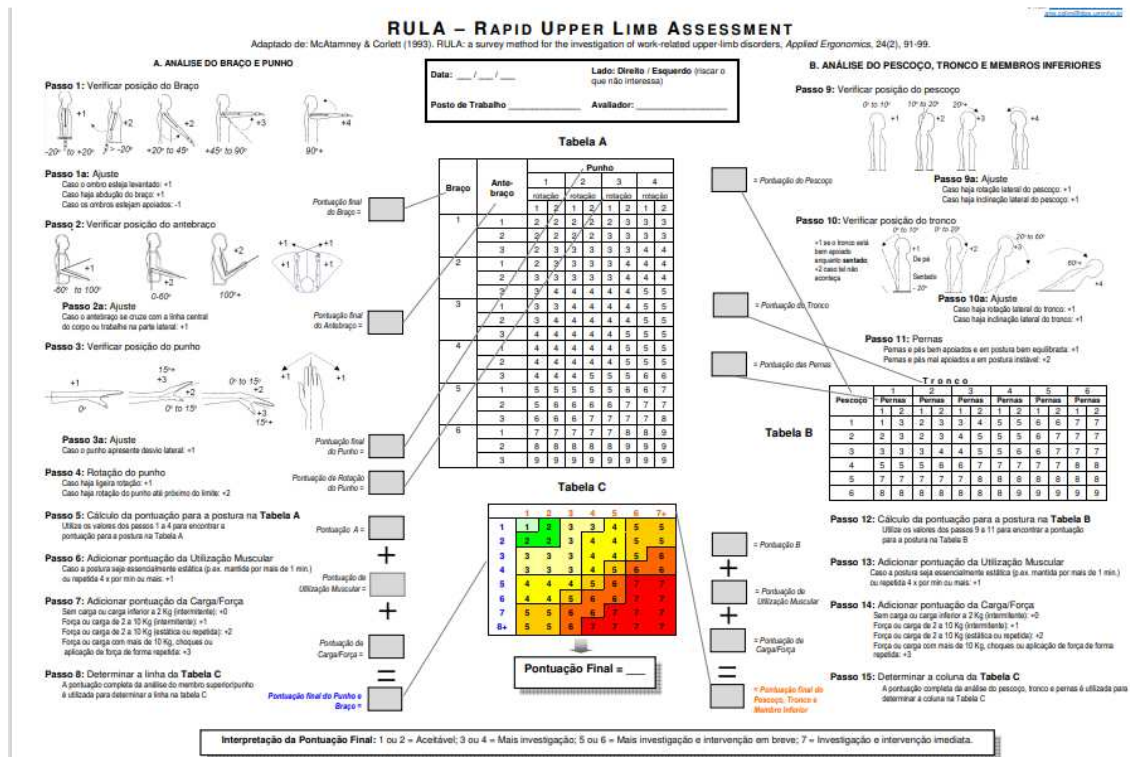


Figura 2 – Categoria da pontuação do RULA, adaptado de: (McAtamney & Corlett, 1993).



membro superior baseado na metodologia RULA, (McAtamney & Corlett, 1993), em um ambiente real baseado na tecnologia Microsoft Kinect (Al khatib et al., 2023).

A simulação ergonômica por *Kimea* possibilita identificar as posturas críticas dos trabalhadores (Figura 4), além disso a pontuação leva em consideração a duração da exposição e a intensidade do risco.



Figura 4 - Análise ergonômica por video através do *Kimea* (MOOVENCY, 2023).

O sistema *Kimea* é composto por: um computador configurado com o software *Kimea* instalado, uma câmara de captura, um tripé, 3 pares de luvas (S, M, L), 4 sensores inerciais e todas as conexões associadas aos diferentes dispositivos (Figura 5).



Figura 5 – Componentes do Kimea (MOOVENCY, 2023).

O *Kimea* opera sob uma licença que é comercializada exclusivamente pela *Moovency*, este sistema fornece dados para cada trabalhador, esses dados são compilados e calculados para fornecer

pontuações de risco de LMERT na estação de trabalho. Não são os trabalhadores em si que são avaliados, mas a postura. Como resultado da análise, é gerado uma percentagem de tempo em que é adotada uma determinada postura para cada zona articular (Figura 6), baseado no RULA, conforme mencionado anteriormente (MOOVENCY, 2023).

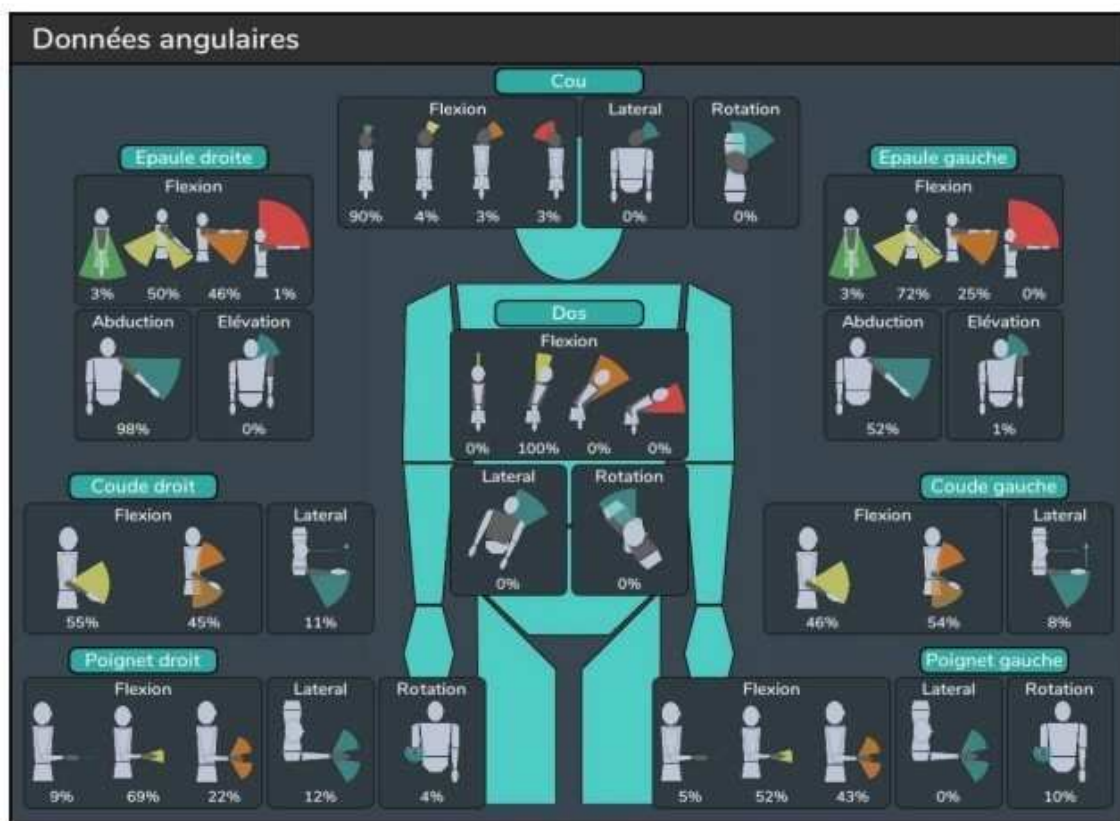


Figura 6 – Exemplo de resultado da análise do Kimea (MOOVENCY, 2023).

Para a classificação do RULA, a pontuação crítica é considerada independentemente de sua duração, já a pontuação final para o *Kimea* é baseada na ponderação da pontuação final do RULA, com a aplicação de um coeficiente a cada percentagem obtida, levando em consideração o tempo gasto em cada pontuação do RULA (1 a 7) durante toda a avaliação. A pontuação KIMEA encontra-se entre 0 e 100, simbolizando os 4 níveis de risco, conforme Figura 7 (MOOVENCY, 2023).

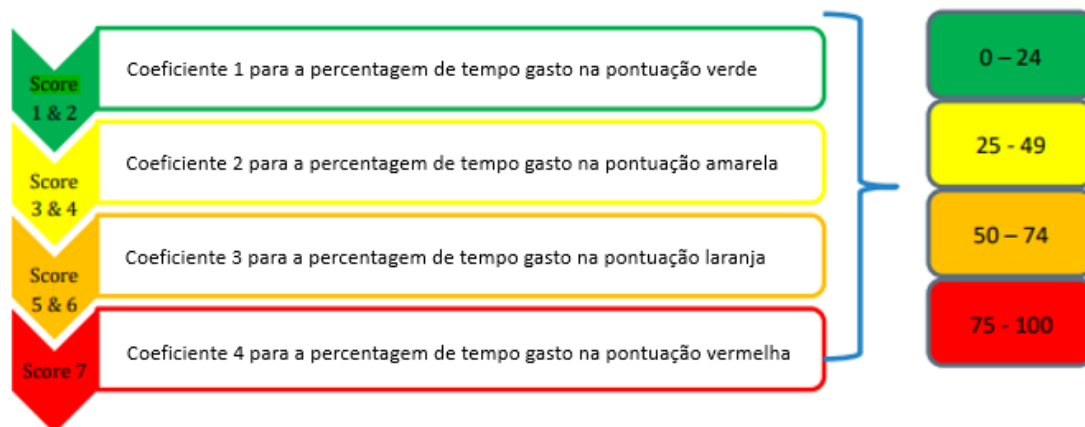


Figura 7 – Representação da pontuação do *Kimea* (MOOVENCY, 2023).

2.6 Risco de desenvolvimento de LMERT no processo de costura

Muitos pesquisadores, entre eles Vuima et al., 1982, teorizaram que a natureza repetitiva das tarefas de costura executadas com postura estática e desajeitada podem estar entre os fatores de risco que contribuem significativamente para as LMERT na indústria de costura.

Essas queixas podem ser agravadas pela postura elevada do braço esquerdo, inclinação para frente, a postura da cabeça e do tronco. Em uma costura tradicional a postura é a combinação dos olhos para o controle visual do trabalho, as mãos para direcionar a costura do material e os pés para o controle (velocidade) da máquina de costura (Delleman & Dul, 2002).

Na costura, muitas vezes as más posturas de trabalho são mantidas durante todo o todo o período, bem como aos movimentos repetitivos de mãos e braços que caracterizam esse tipo de trabalho (Li et al., 1995).

A fragmentação do trabalho dessa forma significa que a tarefa costuma ser altamente repetitiva, potencialmente perigosa e complexa envolvendo a coordenação de ambas as mãos, geralmente realizado em uma postura de trabalho sentado por um longo período (Kroemer, 2008).

2.7 Estudo do suporte ergonômico: *Perdelle-Néo*

Foi realizado um estudo com o *Perdelle-Néo*, baseado em dados objetivos (eletromiografia de superfície – EMG, angulação do membro superior, duração desempenho da tarefa) e subjetivo (escala EVA de esforço percebido) (Deparetere et al., 2023). O estudo contou com 14 participantes, sendo 9 mulheres e 5 homens. Foram realizados 5 tipos de atividades: n°1 exercício de precisão com peso, n°2

manuseio de materiais leves, nº 3 manuseio de materiais pesados, nº4 classificação de peças pequenas e nº5 montagem de peças (Deparetere et al., 2023).

Nos gráficos que se seguem (Figura 8, Figura 9, Figura 10 e Figura 11) é possível analisar os resultados, estando representados a laranja os dados sem o suporte ergonómico e a azul com o suporte ergonómico. A EMG, é um método direto de medição, regista a atividade mioelétrica dos músculos e pode ser usado para estimar a tensão e a força muscular (David, 2005). Os resultados da EMG apresentaram uma atividade muscular sistematicamente inferior com a utilização do suporte ergonómico (Figura 8).

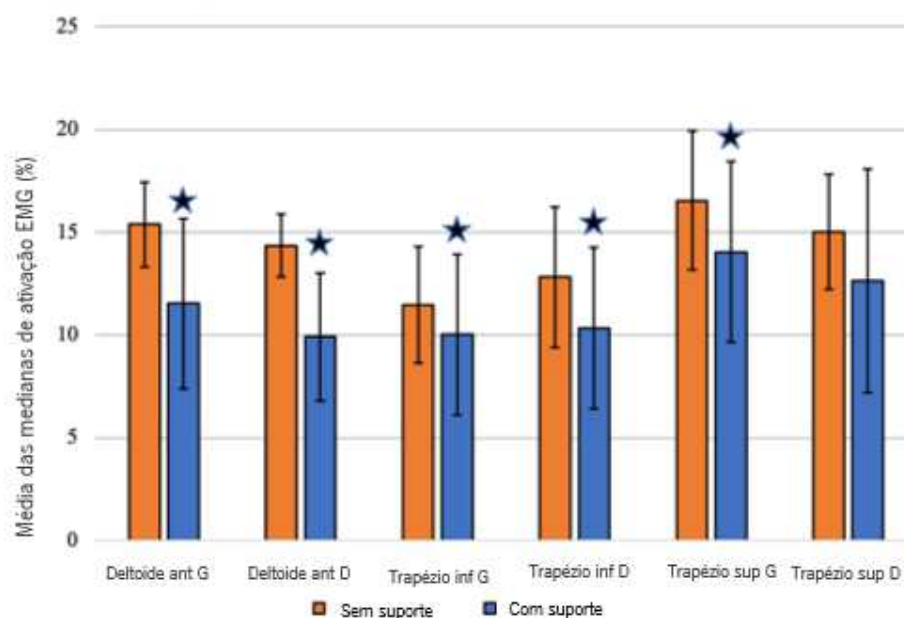


Figura 8 - Média em todas as disciplinas valores médios de EMG (Deparetere et al., 2023)

Em relação ao resultado da escala EVA, que consiste em uma escala de 0 a 10, onde 0 representa nenhuma dor e 10 representa a pior sensação dolorosa (Huskisson, 1974), conforme a Figura 9, os participantes mostraram em média uma pontuação de 2,85 seguindo as cinco tarefas realizadas sem o suporte ergonómico. Depois de realizar as mesmas cinco tarefas usando o suporte ergonómico, os participantes tiveram em média uma pontuação subjetiva de 1,60.

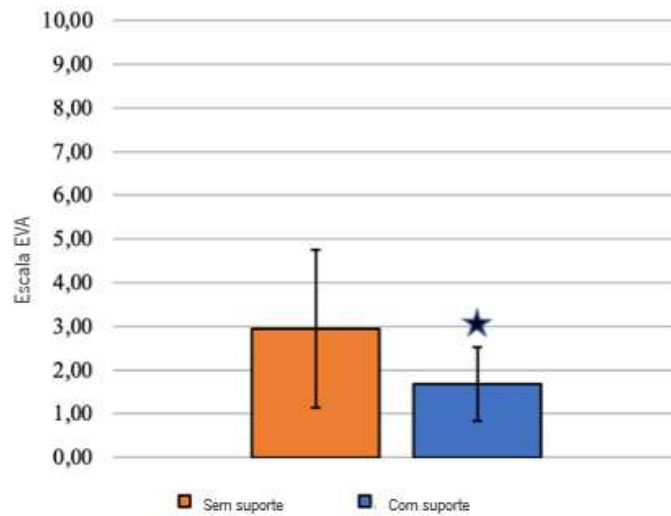


Figura 9 - Pontuação VAS média no final das condições com e sem aparelho (Deparetere et al., 2023).

Sobre a duração desempenho da tarefa, os participantes levaram uma média de 741,71 segundos ($\pm 90,43$) com o dispositivo contra 713,43 segundos ($\pm 61,95$) sem o dispositivo, um aumento de 3,8% na condição com dispositivo conforme a Figura 10.

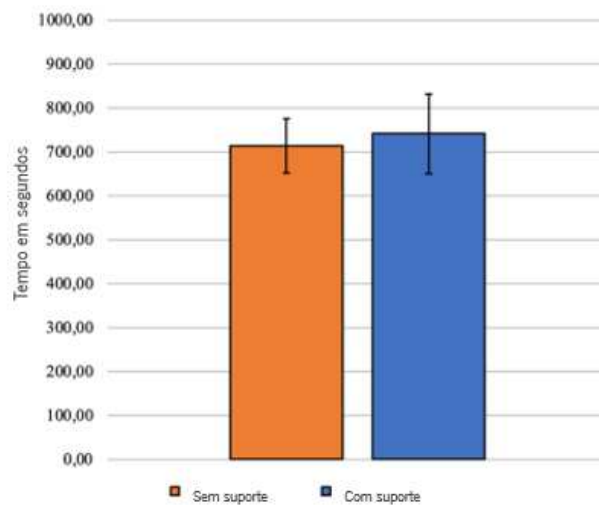


Figura 10 - Duração total das tarefas (Deparetere et al., 2023).

A classificação RULA para cada tarefa realizada é significativamente menor ($p < 0,05$) exceto para a tarefa nº5 (montagem de peças), conforme a Figura 11.

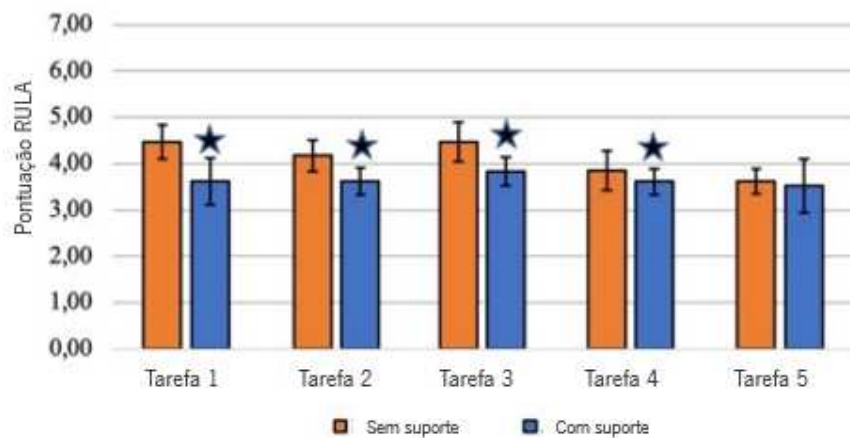


Figura 11 - Avaliações RULA (Deparetere et al., 2023).

Os resultados apresentados no estudo (Deparetere et al., 2023), mostraram de uma maneira geral os pontos benéficos do uso do suporte ergonómico, por esse motivo o dispositivo foi seleccionado como uma possível alternativa ergonómica para operações da máquina de costura de coluna para o apoio dos antebraços dos trabalhadores.

3. METODOLOGIA

3.1 Recolha de dados

O presente estudo foi desenvolvido numa fábrica do ramo automóvel em Portugal, que é o cerne do fabrico de assentos de automóveis. Um dos processos nesta fábrica é a costura de capas para os assentos sendo que as principais etapas do processo de costura poder ser entendida conforme fluxograma da Figura 12.

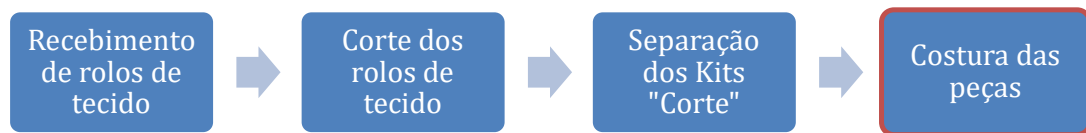


Figura 12: Fluxograma do processo de costura em uma indústria de automóvel

A diferença do risco entre dois tipos de máquinas de costura, máquina reta e máquina de coluna foram objeto de investigação deste estudo.

Foram selecionadas três participantes, todas mulheres, entre 40 e 50 anos, com mais de 5 anos de experiência em costura e que durante a jornada de trabalho utilizam por mais de 4 horas seguidas a máquina de coluna. Foi também analisado antes do teste que nenhuma das participantes apresentavam queixas relacionadas aos membros superiores, afastamentos ou processos de reabilitação por LMERT.

Foram realizados três testes com cada participante para analisar o suporte ergonómico para a máquina de costura de coluna. O suporte ergonómico (*Perdelle-Néo*), Figura 17 é um dispositivo de apoio de braço e ombro especialmente desenvolvido para ergonomia e disposição dos postos de trabalho, sentados ou em pé, em todas as indústrias; artigos de couro, montagem, estação de soldagem, estação de triagem, estação de controle, etc. (Perdelle, n.d.).

Cada teste ocorreu por um mês cada e todas as participantes foram orientadas e treinadas sobre o uso do suporte ergonómico, qual o seu objetivo e a forma correta de ajustá-lo antes de iniciarem o turno.

Durante os testes do uso do suporte, foi aplicado um questionário de percepção de conforto para as três participantes, e por último com o uso do sistema de avaliação, *Kimeia*, para a análise ergonómica de uma operação de costura na máquina de coluna com e sem o suporte ergonómico.

3.2 Processo de costura e as máquinas de costura reta e de coluna

O processo de costura inclui trabalhos que envolvem a operação das máquinas de costura elétricas para costurar, alterar ou consertar peças. Além da operação de máquinas de costura

automáticas, o trabalhador também passa a linha na máquina, enrola as bobinas, ajusta a tensão e lubrifica (Andersen & Gaardboe, 1993).

No processo de costura existem vários tipos de máquinas, o ponto principal de diferenciação entre elas é a base, pois a base de uma máquina de costura é a parte sobre a qual o tecido descansa enquanto está sendo costurado. A classificação dos tipos de base de máquina de costura é baseada na maneira como o tecido cai, se comporta e viaja em relação à base durante o processo de costura, permitindo assim uma movimentação mais fácil de materiais ao redor da máquina (Jana, 2015).

O tipo de máquina de costura mais comum é a “máquina reta”, que em inglês é *flat bed*, a qual tem a sua base plana e é uma estrutura de máquina que permite a costura de uma forma plana 2D (Figura 13) (Jana, 2015). Este tipo de máquina é a mais utilizada para maioria das costuras, pois as peças podem ser manipuladas facilmente.

A máquina em geral é montada sobre uma mesa com ajuste de altura. Com as máquinas retas é possível ter o apoio dos antebraços na mesa e a angulação dos braços pode variar em torno de 34° (Figura 14).

A máquina de costura de “coluna”, em inglês *post-bed*, tem uma estrutura na qual a base é a superfície superior de um pilar. O pilar é montado verticalmente na mesa da máquina (Figura 15). Neste tipo de máquina, a área de costura é a área da seção transversal horizontal do pilar, esse tipo de base permite a costura de itens 3D, côncavos, convexos, e de partes pequenas, pois a parte costurada pode seguir sua inclinação geométrica pela base horizontal (Jana, 2015).

Para as máquinas de coluna, devido ao design da base da máquina com o pilar horizontal para o apoio da peça, o trabalhador não consegue apoiar os antebraços na mesa e, portanto, precisa manter os membros superiores elevados para segurar a peça e costurar.

Para o processo que foi analisado neste trabalho, a postura para a operação na máquina de coluna exige uma angulação dos braços entre 63° a 75° grau (Figura 16), além da abdução dos braços, dependendo da peça a ser costurada.

Tipo de máquina de costura	Postura (angulação) dos membros superiores
 Figura 13: Máquina de costura reta (Vetron Typical, n.d.-a)	 Figura 14: Postura dos braços em uma máquina de costura reta
 Figura 15: Máquina de coluna (Vetron Typical, n.d.-b)	 Figura 16 Postura dos braços em uma máquina de coluna

3.3 Suporte ergonómico (*Perdelle-Néo*)

Perdelle-Néo é um dispositivo de apoio para membros superiores projetado para tarefas de precisão e/ou repetição de movimentos (Figura 17). Este dispositivo é composto de dois arcos metálicos ligados a um suporte, o qual suporta os antebraços do usuário com um apoio conectado aos arcos através de elásticos em tensão (Deparetere et al., 2023).

Este dispositivo é apresentado como uma solução para melhorar a ergonomia do local de trabalho, reduzir o risco de LMERT e aumentar a produtividade, melhorando o conforto dos trabalhadores (Perdelle, n.d.).

O *Perdelle-Néo* é ajustável para todas as alturas e oferece suporte para os braços e ombros dos trabalhadores. Conforme o fabricante, este dispositivo ergonômico alivia as dores musculares e reduz os riscos associados às LMERT (Perdelle, n.d.).

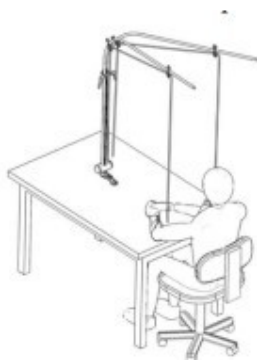


Figura 17 *Perdelle-Neo* (Deparetere et al., 2023).

3.4 Instalação e formação do suporte ergonômico (*Perdelle-Néo*)

Baseado no manual de instruções do *Perdelle-Néo* (Perdelle, 2023), foi elaborada uma instrução de trabalho (Apêndice 2) contemplando todas as etapas de como ajustar o suporte ergonômico no posto de trabalho.

Foi entendido que o correto ajuste do suporte teria impacto na percepção dos trabalhadores e na eficiência durante o seu uso e por isso o documento apresentado no apêndice 2 foi usado como formação aos participantes antes da realização de cada teste.

O documento é composto por 5 páginas, sendo cada uma delas a explicação de como realizar o ajuste correto, com fotos de situações conformes e situações não conformes.

A primeira página é uma informação geral sobre posto de trabalho e o suporte ergonômico, a segunda página é sobre o ajuste ideal da altura da máquina de costura de coluna, já a terceira página é sobre o ajuste do elástico do suporte no antebraço para indicar a posição correta e assim evitar que esteja muito frouxo e não suporte os braços ou que esteja muito tensionado fazendo com o que o trabalhador faça força oposta para manter os braços na posição correta da costura. A quarta página é sobre o ajuste das hastes metálicas, para que estejam na mesma largura dos ombros do trabalhador e por último a forma do ajuste do apoio de braços de forma a estar posicionado nos cotovelos.

3.5 Questionário de percepção

Com o objetivo de avaliar a percepção de conforto dos trabalhadores durante a operação com o uso do suporte ergonómico foi realizado um questionário (Apêndice 3), baseado na escala de CR-10 Borg (Borg, 1990) e na metodologia *Occupational Repetitive Actions*, OCRA (Colombini & Occhipinti, 2018).

O questionário foi composto por 14 perguntas, na Tabela 2 é possível verificar quais foram as perguntas realizadas durante o questionário e uma breve explicação do que era esperado de resposta:

Tabela 2 - Questionário de percepção

	Pergunta	O que era esperado como resposta
1	Nome:	Nome de quem aplicou o questionário
2	Data:	Data da realização dos questionários
3	Turno	Qual o turno (primeiro ou segundo)
4	GAP e número da máquina:	Identificação da área e da máquina
5	O formulário deverá ser implementado três vezes durante o turno de acordo com o esquema abaixo, devendo ser evitado a primeira hora após o início do turno, a hora após a pausa e a hora após o almoço. Indique em que momento foi realizado o questionário:	Confirmar quando o questionário foi realizado: 2 horas após o início do turno 4 horas após o início do turno 7 horas após o início do turno
6	A trabalhadora está presente?	Se o trabalhador estava ou não no posto de trabalho
7	O suporte ergonômico encontra-se ajustado à sua altura? Avalie numa escala de 1 a 5 onde 1 significa "muito mau" e 5 significa "muito bom":	Avaliar de 1 a 5 o ajuste de altura
8	O suporte ergonômico lhe ajudou durante a operação? Avalie de 1 a 5, onde 1 significa "não ajudou em nada" e 5 "ajudou muito":	Avaliar de 1 a 5 se o suporte ajudou durante a operação
9	Sentiu que seu movimento estava livre durante o uso? Avalie de 1 a 5, onde 1 significa "nada livre" e 5 significa "totalmente livre":	Avaliar de 1 a 5 se sentiu o movimento livre durante a operação
10	Durante o uso, teve de fazer força com os braços para mantê-los para baixo?	Sim / Não, se tiveram de fazer força "contra" para manter os braços na posição.
11	Sentiu alguma dor ou desconforto durante o uso do suporte?	Sim / Não, se sentiu algum desconforto.
12	Se sim, em qual região?	Qual região do corpo sentiram desconforto, se a resposta da pergunta 11 tivesse sido sim.
13	Ao lado encontra-se a Escala de Esforço de Borg, de acordo com a sua percepção, qual o esforço que teve de fazer para realizar a operação segundo essa escala?	De 1 a 10, sendo 1 muito leve e 10 o máximo.
14	Observações	Alguma observação caso tenha sido necessária

A pergunta 5 foi considerada, pois o turno de trabalho da indústria onde foi realizada a investigação tem duração de 9 horas, portanto de acordo com a metodologia OCRA (Colombini & Occhipinti, 2018), foram selecionadas algumas horas específicas para a realização do questionário em relação às pausas.

Considerando os períodos de recuperação, aqueles em que há uma substancial inatividade de um ou mais grupos miotendíneos (região que interage com o tendão e o tecido muscular), anteriormente envolvidos na execução do trabalho, alguns horários foram contemplados para a aplicação do questionário (Marinotti, 2017).

Conforme Figura 18, a 1ª, 5ª, 6ª e 8ª hora não foram consideradas adequadas para a aplicação do questionário justamente por antecederam ou serem posteriores às pausas (oficiais ou não) ou período substancial de inatividade dos membros superiores (Marinotti, 2017).

A 1ª hora (início de turno) – período substancial de inatividade dos membros superiores, a 5ª e 6ª hora (meio do turno): antes e depois da pausa refeição, a 8ª (final do turno): período substancial de inatividade dos membros superiores, conforme o Método Ocra, a hora que antecede a refeição e a saída do trabalhador é considerada como horas recuperada (Marinotti, 2017).

Já a 3ª hora apenas não foi considerada devido a indisponibilidade das pessoas que estavam a realizar o questionário.

1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h

Figura 18 - Guia de horários de aplicação do questionário.

A pergunta 9 foi incluída pois a mobilidade das participantes durante a operação foi uma limitação levantada no início do teste, visto que as trabalhadoras têm de estar com os cotovelos apoiados no suporte, portanto também foi uma das perguntas para análise sobre percepção sobre os movimentos estarem livres ou não.

Para a pergunta 10 o objetivo era garantir que a tensão do elástico estivesse apropriada para suportar o peso dos membros superiores de modo a evitar que as trabalhadoras tivessem que fazer força oposta para manter os braços na posição correta da costura e assim evitar qualquer tipo de esforço adicional que possa causar mais fadiga, conforme ilustrado na Figura 19.



Figura 19 – Ilustração sobre o esforço dos braços de acordo com a tensão do elástico.

Para as perguntas 11 e 12, o objetivo era verificar se o trabalhador sentiu alguma dor e, se sim, em qual região do corpo.

A pergunta 13 é baseada na escala de CR-10 Borg (Borg, 1990), uma metodologia fácil e eficiente de aplicar, perguntando com um item o quão intenso é o atual trabalho realizado é, e poder ter dados para fazer uma comparação do resultado de percepção de esforço dos trabalhadores (Fritzsche, 2010).

3.6 Análise ergonómica com *Kimea*

Após a aplicação do questionário de percepção foi realizada a avaliação ergonómica como *Kimea*.

A avaliação com o *Kimea* foi realizada em outra unidade industrial do mesmo grupo e com o mesmo processo, devido a limitações encontradas que estão citadas no item 4.3.3.

Foi selecionado outra trabalhadora experiente (com mais de 5 anos de experiência), diferente das outras 3 trabalhadoras que realizaram o teste do suporte ergonómico, para a realização da tarefa de costurar na máquina de coluna.

A trabalhadora foi treinada e orientada sobre o uso do suporte e o seu correto ajuste, conforme Apêndice 4. Antes da realização da análise ergonómica foi questionado à trabalhadora qual era a peça na percepção dela mais difícil de costurar, a resposta foram as peças de couro. Portanto, para a avaliação do *Kimea* foi utilizada uma peça de couro, que, conforme a trabalhadora, exige mais esforço durante a tarefa devido à dureza e falta de flexibilidade do material.

A trabalhadora realizou o total de 4 operações iguais, seguidas e completas, sendo que 2 delas sem o suporte (Figura 20) e 2 com o suporte ergonómico (Figura 21).

Após toda a conexão e calibração do sistema completo do *Kimea*, conforme orientações da Moovency, foi iniciada a avaliação. A trabalhadora utilizou a luva com os quatro sensores inerciais (Figura 22), a câmara, baseada na tecnologia Microsoft Kinect, foi posicionada atrás da trabalhadora, com uma distância de mais ou menos 1 metro, e o vídeo foi realizado com os dois ciclos de trabalho de cada peça, 2 peças costuradas com o suporte e 2 peças costuradas sem o suporte.

Após a recolha de dados, foi usado o *Kimea* para a respetiva análise, incluindo a decomposição das tarefas, identificação dos avatares, etc., até à análise final.

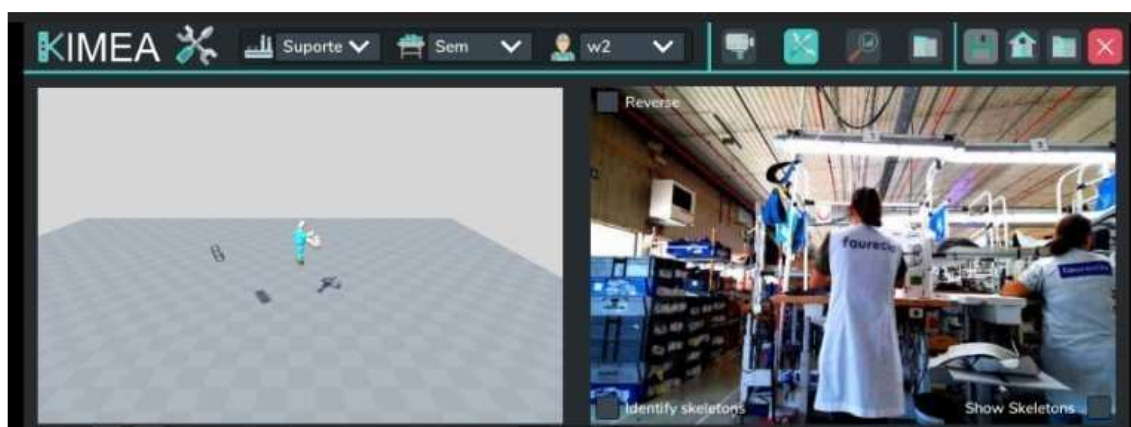


Figura 20 – Análise Kimea sem o suporte.

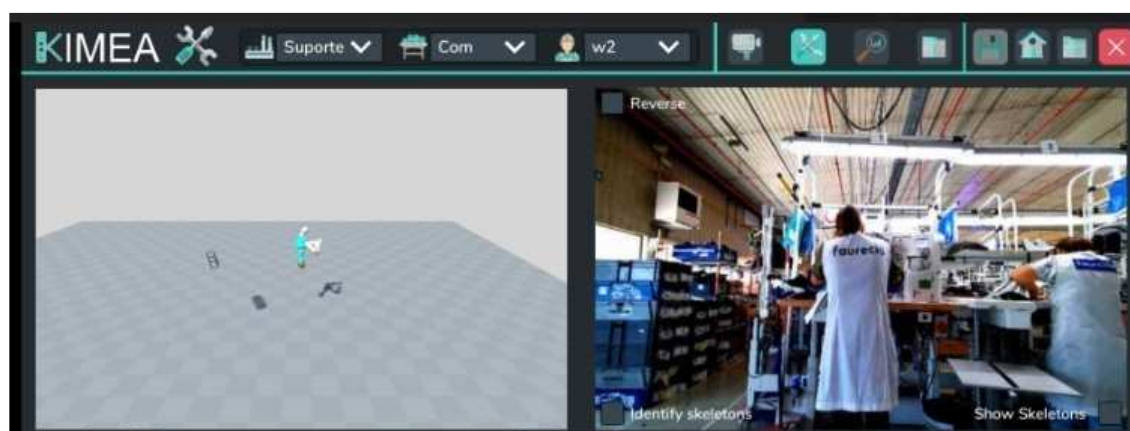


Figura 21 - Análise Kimea com o suporte.



Figura 22 – Sensores inerciais *Kimea*.

4. RESULTADOS, DISCUSSÕES E AÇÕES CORRETIVAS

4.1 Análise RULA

Para demonstrar a diferença de riscos presentes no processo de costura entre as duas máquinas foi aplicado o método RULA para a postura que é mantida na maioria do tempo, representada pelas Figuras 14 e 16.

Quando analisado a postura representada na Figura 14, na máquina reta, a angulação dos braços é menor e os antebraços estão apoiados, tendo uma pontuação global de 4 (Apêndice 1), já a postura na máquina de coluna, representada pela Figura 16, apresenta os braços com a angulação maior, os ombros elevados e abdução, tendo uma pontuação global de 6 (Apêndice 2), sendo assim a variação do risco de LMERT entre as duas máquinas de costura deriva da posição dos membros superiores.

4.2 Resultados do questionário de percepção

Abaixo é possível analisar os resultados dos três testes realizados com o questionário de percepção aplicado aos três participantes durante o mês de uso do suporte ergonômico *Perdelle-Néo*. O primeiro teste foi realizado de 23/03/2023 até 12/04/2023, o segundo teste foi realizado de 27/04/2023 até 18/05/2023 e o terceiro teste foi realizado de 05/06/2023 até 30/06/2023.

Para os resultados apresentados a seguir, apesar de a escala ser ordinal, ela tem uma lógica de progressão e está definida de modo que o respondente distinga perfeitamente os vários níveis. Deste modo, podemos tratá-la como uma escala matemática e fazer cálculos com os resultados.

- **Percepção sobre o ajuste do suporte (Figura 23)**

A pergunta sobre a percepção se o ajuste do suporte estava correto foi baseada em uma escala avaliada de 1 a 5, sendo 1 “muito mau” em nada” e 5 “muito bom”. Para o teste 1, a média de respostas para a percepção se o suporte estava bem ajustado em relação a altura dos elásticos e a tensão foi de 4,13, para o teste 2, a média foi de 4,89 e para o teste 3, a média foi de 4,73. Já a média global dos três testes foi de 4,59 com um desvio padrão de 0,40.

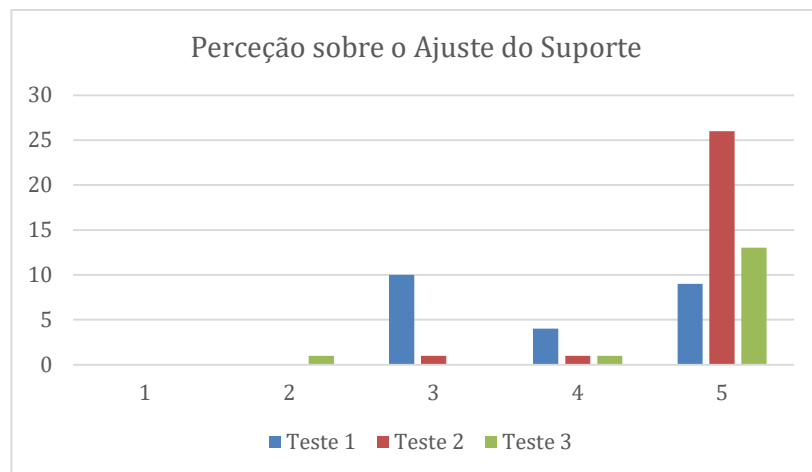


Figura 23 – Percepção sobre o ajuste do suporte.

- **Percepção se o suporte ajudou na operação (Figura 24)**

A pergunta sobre a percepção se o suporte ajudou na operação foi avaliada em uma escala de 1 a 5, sendo 1 “não ajudou em nada” e 5 “ajudou muito”. Para o teste 1, a média de respostas para a percepção se o suporte ajudou durante a operação foi de 2,77, para o teste 2, a média foi de 1 e para o teste 3 foi de 2,07. Já a média global dos três testes foi de 1,95 com um desvio padrão de 0,89.

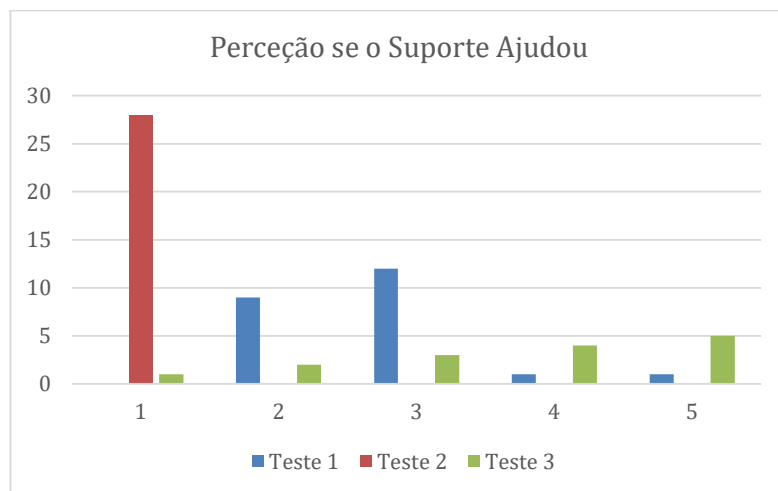


Figura 24 -Percepção se o suporte ajudou durante a operação.

- **Percepção sobre a mobilidade (Figura 25)**

A pergunta sobre a percepção de mobilidade foi avaliada em uma escala de 1 a 5, sendo 1 “nada livre” e 5 “totalmente livre”. Para teste 1, a média de respostas para a percepção sobre a mobilidade, se o trabalhador se sentia com os movimentos livre durante o uso de suporte, foi de 3,48, para o teste 2, foi de 4,18 e para o teste 3, a média foi de 4,93. Já a média global dos três testes foi de 4,20 com um desvio padrão de 0,72.

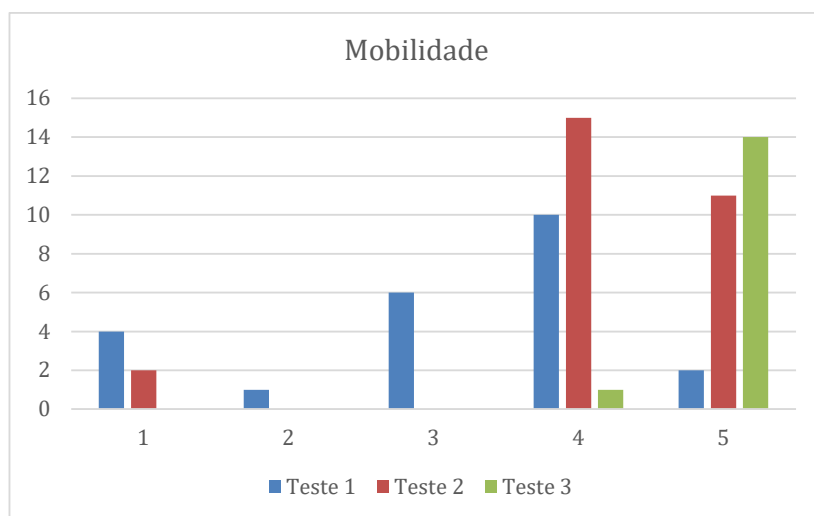


Figura 25 – Percepção sobre a mobilidade.

- **Escala de Borg (Figura 26) (Borg, 1990)**

A pergunta sobre a percepção de esforço foi avaliada através da escala de CR-10 de Borg (Borg, 1990), de 1 a 10, sendo 1 “muito leve” e 10 “máximo”. Para o teste 1, a média de respostas para a percepção sobre o esforço para realizar a operação conforme escala de CR-10 Borg (Borg, 1990), o resultado subjetivo médio foi de 5,06, para teste 2, foi de 5,93 e para o teste 3 foi de 3,20 (Figura 26). Já a média global dos três testes foi de 4,73 com um desvio padrão de 1,39.

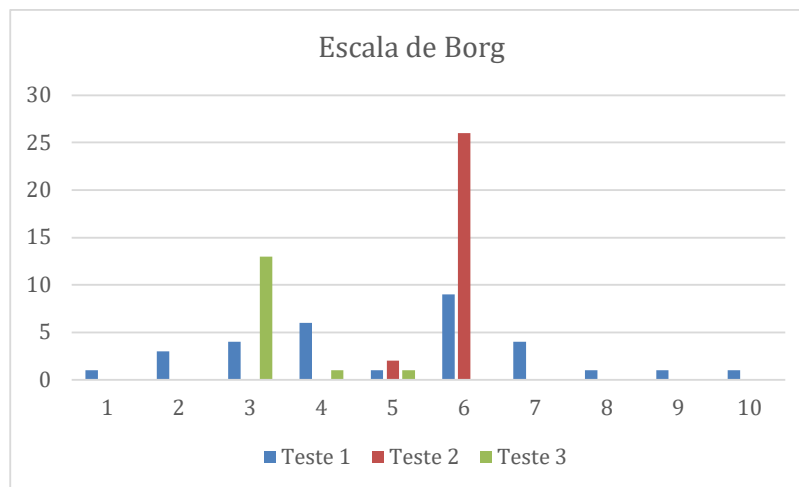


Figura 26 – Escala de Borg sobre o esforço com o uso do suporte.

- **Percepção sobre a força para manter os braços**

Durante o primeiro teste, o trabalhador relatou que 81% das vezes não precisou fazer força para manter o braço na posição e 19% das vezes que precisou fazer uma força contrária para manter o braço na posição para realizar a costura.

Durante o segundo teste, o trabalhador relatou que 57% das vezes não precisou fazer esforço para manter o braço na posição e 43% que precisou fazer esforço para manter os braços na posição.

No terceiro teste, o trabalhador relatou que 93% das vezes não precisou fazer esforço para manter o braço na posição e 7% que precisou fazer esforço para manter os braços na posição.

- **Percepção sobre dor**

Para o teste 1, as respostas para a percepção se o trabalhador sentiu dor durante o uso do suporte foi de 81% das vezes não e 19% das vezes sim (Figura 27), para o teste 2, foi de 50% das vezes não e 50% das vezes sim (Figura 28) e para o teste 3, foi de 87% das vezes não e 13% das vezes sim (Figura 29).

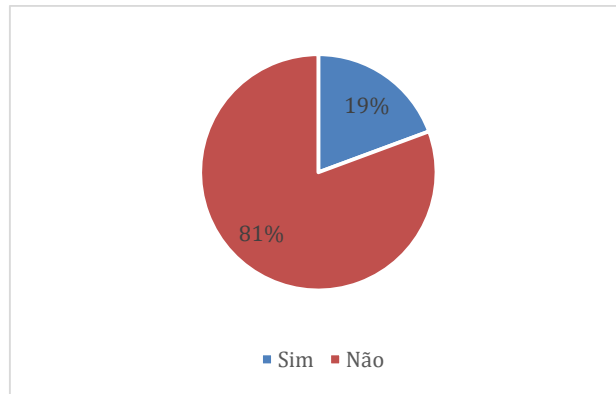


Figura 27 - Teste 1 - Percepção de dor.

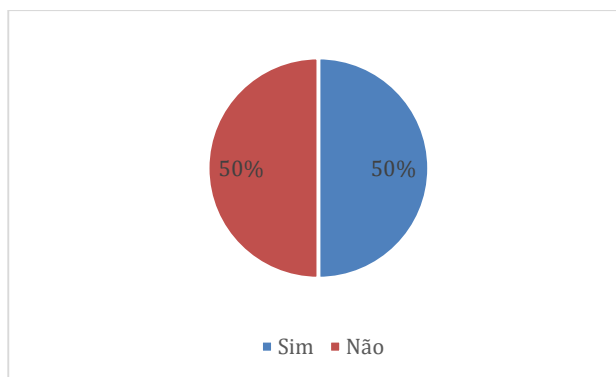


Figura 28 - Teste 2 - Percepção de dor.

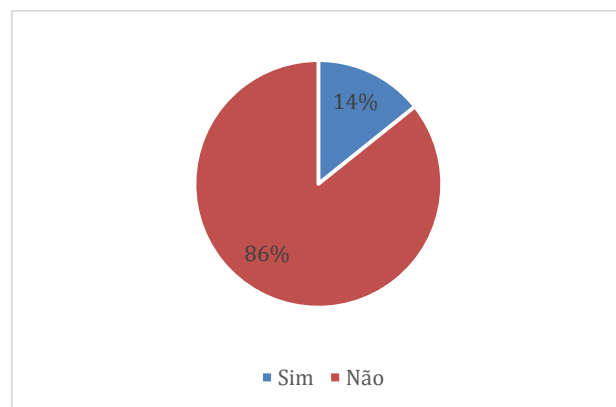


Figura 29 - Teste 3 - Percepção de dor.

- **Região do corpo que sentiu dor**

Para o teste 1, sobre a região do corpo a qual o trabalhador sentiu dor durante o teste foram de: 56% das vezes no cotovelo, 33% na região do ombro e 11% em outra região do corpo, a qual em todas foram relatadas as costas (Figura 30), para o teste 2, o trabalhador relatou sentir dor 60% na região dos ombros, 27% nos cotovelos, 7% não sentir dor e 6% em outro local, sendo relatado também a região das costas (Figura 31). Já para o teste 3, 50% relataram não sentirem dor 50% relataram sentirem dor nos ombros (Figura 32).

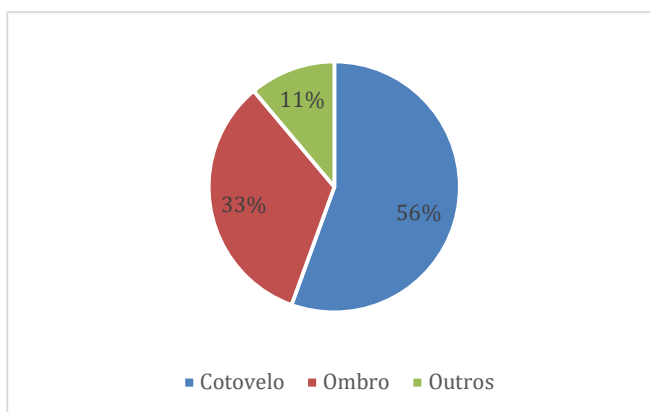


Figura 30 - Teste 1 - Região do corpo que sentiu dor.

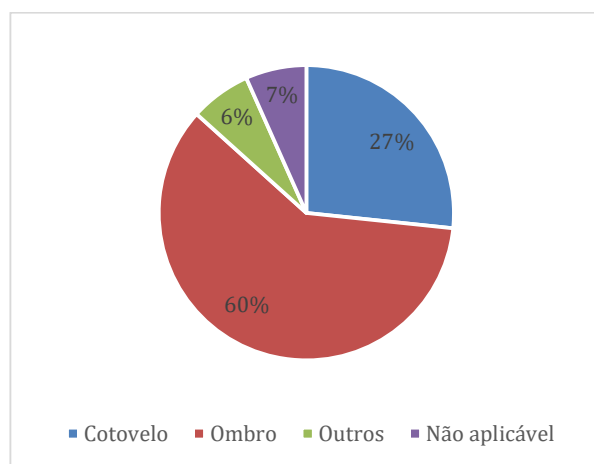


Figura 31 - Teste 2 - Região do corpo que sentiu dor.

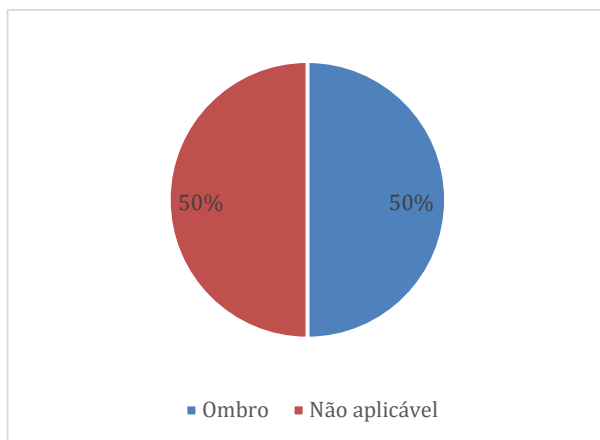


Figura 32 - Teste 3 - Região do corpo que sentiu dor.

4.3 Resultados e discussões do questionário de percepção

Conforme interpretação do resultado dos três questionários de percepção, é possível identificar que para os trabalhadores, de forma geral, o suporte estava bem ajustado em relação a altura e a tensão do elástico, para os três questionários a média entre 1 e 5 foi de 4,43.

Os três participantes consideraram que o suporte não ajudou muito durante a operação, de acordo com a escala de percepção entre 1 e 5 a média foi bem baixa, de 1,83.

Sobre a percepção do esforço para a manter os braços na posição durante a costura foi de que 71% que não precisaram fazer força para manter os braços na posição para costurar e 29% disseram que precisaram fazer o esforço para manter os braços e fazer uma força oposta.

Em relação a escala de CR-10 Borg (Borg, 1990) sobre o esforço para realizar a operação com o suporte, foi considerado um esforço mediano, com uma média 5,01, em uma escala de 1 a 10.

No total, em 67% das respostas os trabalhadores não sentiram dor durante o uso do suporte e 33% alegaram sentir alguma dor. A região majoritária da dor foi nos ombros, 52%, em segundo lugar 36% nos cotovelos e em terceiro 4% em “outros” sendo todas as costas a região afetada.

Analisado as respostas do questionário realizado durante os 3 testes aplicado com o suporte, é possível afirmar que de acordo com a perspectiva do trabalhador o suporte não teve eficiência em relação a sensação de conforto para a realização da tarefa.

Apesar de em 33% das respostas as trabalhadoras alegarem não sentirem dor durante o uso do suporte, o esforço para realizar a operação com o uso do suporte de acordo com a escala de CR-10 Borg (Borg, 1990) teve um resultado subjetivo médio.

O questionário foi desenvolvido pensando na objetividade da pesquisa, as respostas estão sempre sujeitas a variáveis subjetivas dos entrevistados, principalmente quando estamos lidando com percepções individuais. Portanto, se analisado o questionário de maneira geral, foi possível identificar um padrão de resposta em algumas das perguntas mais objetivas, como por exemplo se o suporte estava bem ajustado, onde os participantes tiveram respostas parecidas e com pouca variação.

Ao analisarmos mais detalhadamente as respostas que envolvem percepções mais subjetivas e individuais, tais como força e dor, as respostas passam a apresentar uma variação muito maior. Muitos fatores podem justificar as diferenças de resposta para uma mesma percepção de atividade, desde características individuais até problemas fora do ambiente do trabalho que possam vir a refletir nas atividades laborais (Gil, 2008).

Mesmo diante do desafio de atingir uma objetividade diante de tantas variáveis, chama a atenção que para a mesma atividade, e utilizando-se o mesmo suporte, os trabalhadores tiveram percepções diferentes do processo, portanto é possível concluir que com a metodologia aplicada a diferença de percepção de conforto não foi identificada.

4.4 Resultados e discussão da avaliação ergonômica com o *Kimea*

Com o sistema *Kimea* foi realizado através de vídeos e sensores inerciais a avaliação ergonômica com e sem o suporte, a trabalhadora realizou 2 peças com o uso do suporte e 2 peças sem o uso do suporte, abaixo é possível analisar os resultados.

4.4.1 Análise com o suporte

Durante análise da operação com o uso do suporte é possível identificar uma pontuação *Kimea* global de 29 (de 0 a 100), no diagrama é possível analisar o tempo gasto em cada categoria de pontuação RULA, sendo 87% do tempo entre os níveis de risco 3 a 4, (a amarelo na Figura 33) e 13% nos níveis de risco 5 a 6 (a laranja na Figura 33).

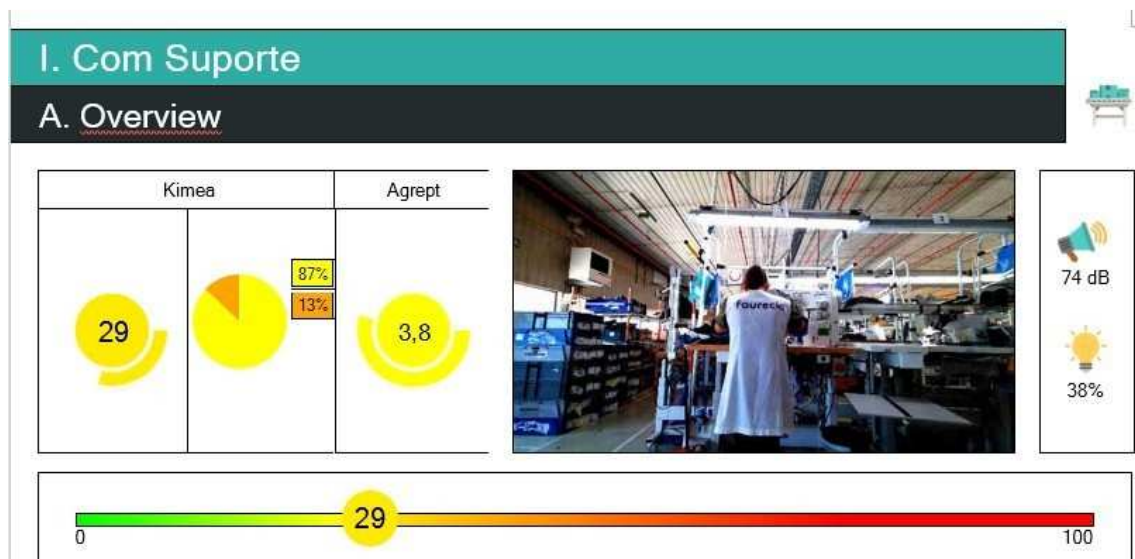


Figura 33 – Pontuação final *Kimea* com o uso do suporte.

Com o uso do suporte é possível identificar, na Figura 34, a percentagem de tempo gasto em cada zona de conforto articular. Para o pescoço a trabalhadora ficou 93% na postura laranja, 7% verde e 2% com a interação de rotação, tanto o braço direito como esquerdo teve 100% do tempo na pontuação laranja e com abdução. Para o ombro esquerdo a elevação foi muito maior, sendo de 47%, já para o direito 10%. A flexão do tronco se manteve 100% do tempo na pontuação verde. O cotovelo direito esteve 95% na pontuação laranja e o esquerdo 93% na amarela. Ambos os punhos estiverem na pontuação laranja na maior parte do tempo (99% direito e 88% esquerdo), o punho esquerdo teve 15% de rotação e o direito 7% de desvio lateral.

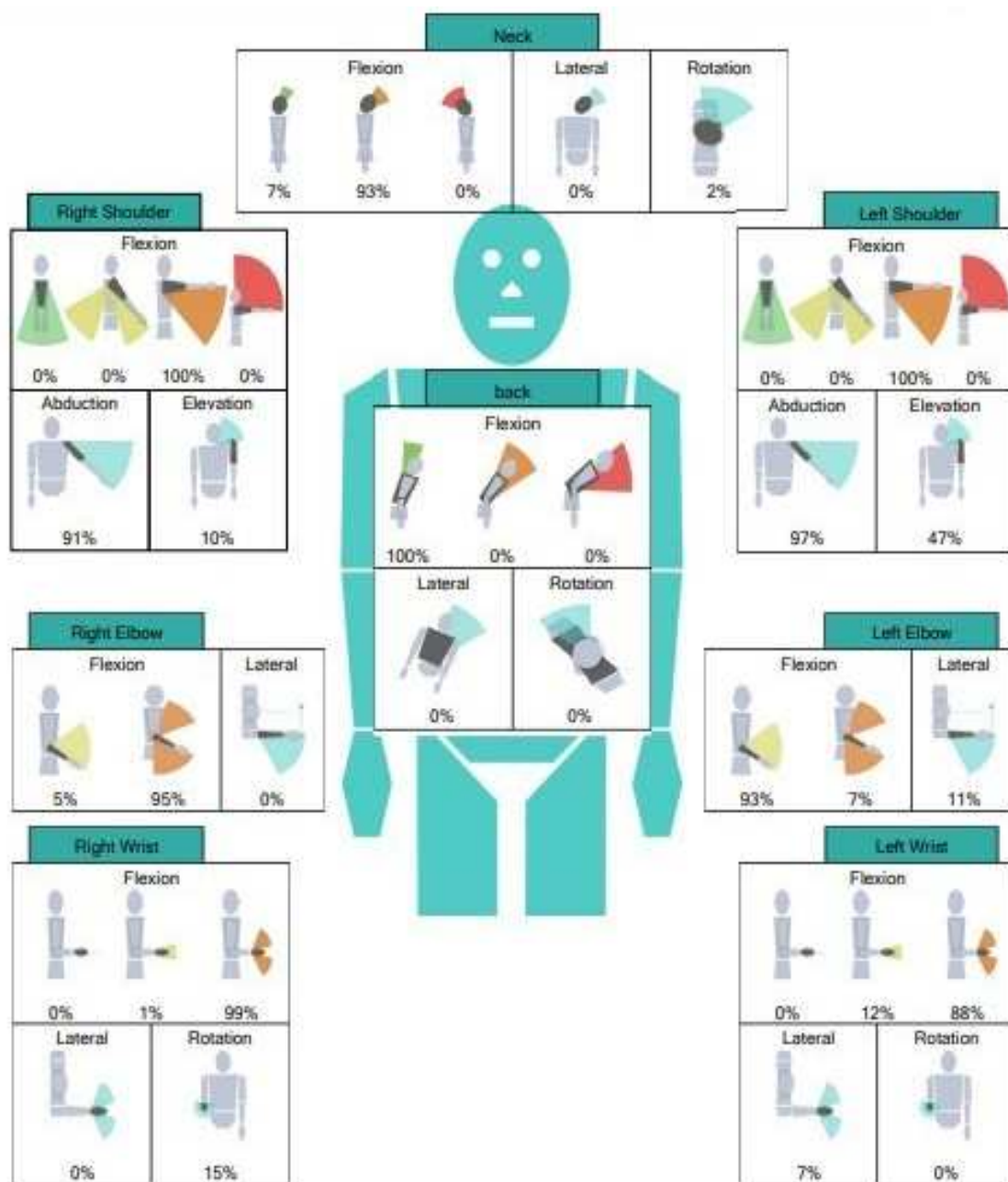


Figura 34 – Percentagem do tempo gasto em cada zona articular com o uso do suporte.

4.4.2 Análise sem o suporte

Com a análise da operação sem o uso do suporte foi possível identificar uma pontuação global de 25 (de 0 a 100), no diagrama é possível analisar o tempo gasto em cada categoria de pontuação RULA globalmente, sendo 91% na pontuação amarela (3 e 4) e 9% na pontuação laranja (5 e 6) (Figura 35).

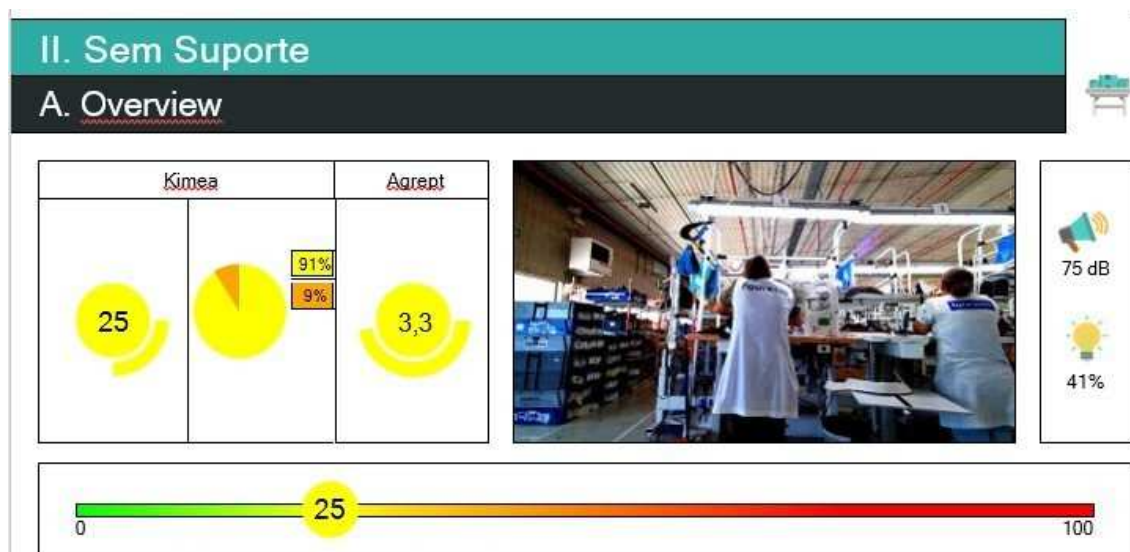


Figura 35 - Pontuação final Kimea sem o uso do suporte.

Sem o uso do suporte é possível identificar, na Figura 36, a percentagem de tempo gasto em cada zona de conforto articular. Para o pescoço a trabalhadora ficou 90% na postura laranja (5 e 6), 10% verde, 1% com a interação de rotação e 4% de desvio lateral. O braço direito ficou 89% na pontuação laranja (5 e 6), 10% na pontuação amarela (3 e 4) e 1% na pontuação verde (1 e 2), 67% de abdução e 3% de elevação dos ombros, já para o braço esquerdo teve 83% do tempo na pontuação laranja (5 e 6), 8% amarela (3 e 4) e 9% na verde, para o ombro esquerdo a elevação foi de 4% e elevação 51%. A flexão do tronco se manteve 100% do tempo na pontuação verde (1 e 2). O cotovelo direito esteve 95% na pontuação laranja (5 e 6) e o esquerdo 93% na amarela (3 e 4). Ambos os punhos estiverem na pontuação laranja (5 e 6) na maior parte do tempo (99% direito e 88% esquerdo), o punho esquerdo teve 15% de rotação e o direito 7% de desvio lateral.

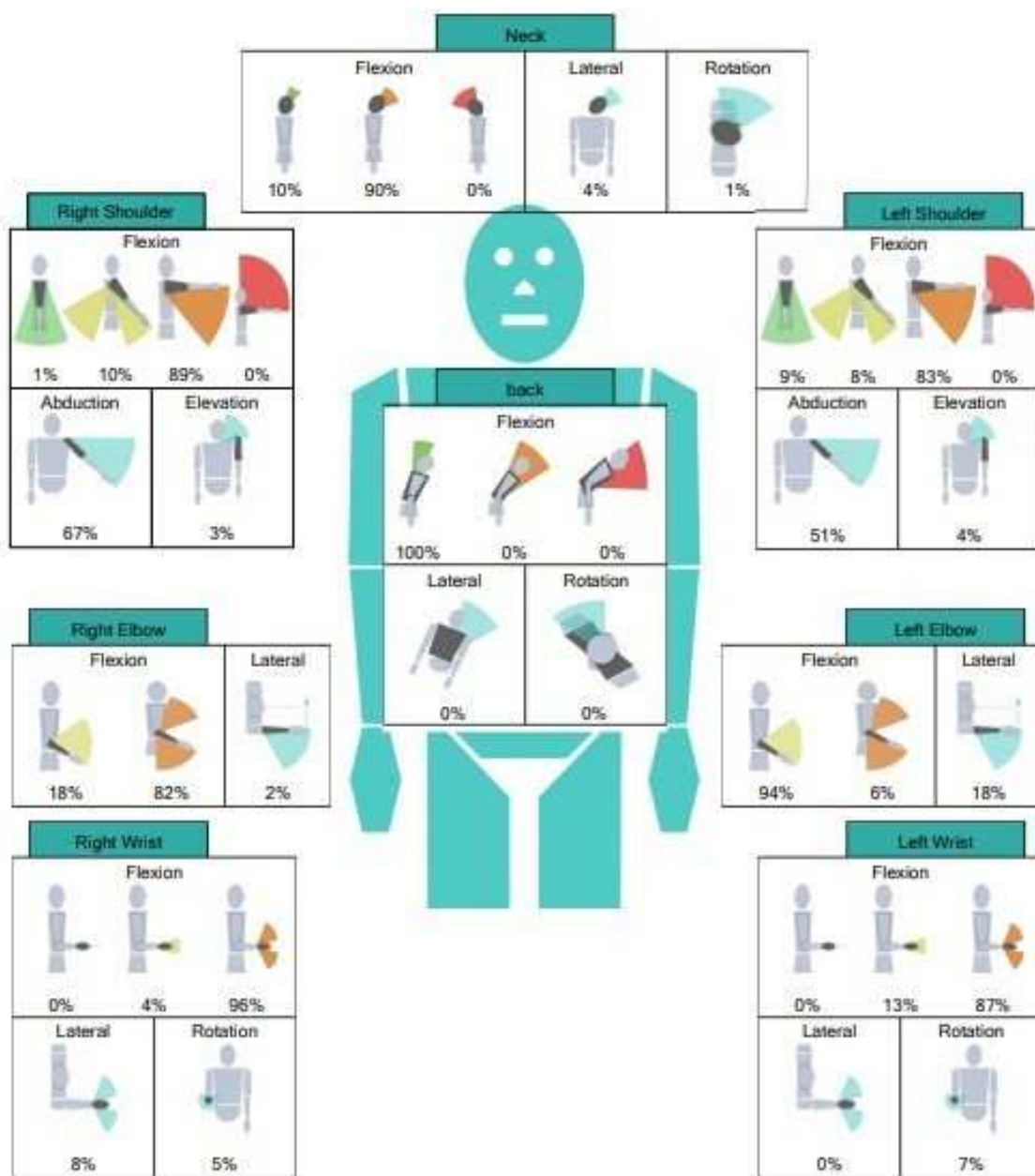


Figura 36 - Percentagem do tempo gasto em cada zona articular sem o uso do suporte.

Apesar da objetividade da determinação das angulações por meio dos sensores inerciais, é possível analisar que de forma geral as angulações dos segmentos corporais têm variações entre o lado esquerdo e direito com e sem o uso do suporte, mas ao analisar a postura global com o uso e sem o uso do suporte não foram identificados nesta análise ergonômica variações posturais significativas.

Em ambas as situações, com e sem o suporte, a flexão do tronco manteve-se a mesma dentro da pontuação verde (1 e 2), para o pescoço e o punho a variação foi pequena, sendo para os dois cenários a maior parte do tempo a postura manteve-se na pontuação laranja (5 e 6).

A elevação dos ombros esquerdo e direito com o e sem o uso do suporte tiveram variações discrepantes, e não foi possível identificar exatamente a causa, algumas hipóteses podem ser levantadas, como: curto prazo de adaptação da trabalhadora com o suporte, o incorreto ajuste ou o desequilíbrio entre o ajuste do elástico do lado direito e esquerdo, porém as hipóteses não foram testadas.

4.5 Limitações do estudo

Durante a investigação foram identificadas algumas limitações e propostas de melhorias para investigações futuras:

- **Questionário de percepção:**

Para o questionário, podemos dizer que a principal limitação é a subjetividade de quem está respondendo e o entendimento de diferentes sujeitos em relação a mesma pergunta, algumas pessoas podem se sentir ameaçadas com as indagações, seja pelo teor da questão ou pelo ambiente em que está respondendo, e até mesmo a motivação do entrevistado pode ser um desafio na hora de aplicar o questionário (Gil, 2008).

O tempo de uso com o suporte foi apenas de 1 mês com cada participante, portanto uma melhoria para ter dados mais significativos seria reproduzir o estudo com um tempo mais prolongado.

- **Suporte ergonômico *Perdelle-Néo*:**

Com o suporte *Perdelle-Néo* o ajuste é feito de maneira manual, portanto não existe uma referência para identificar que está na posição correta, principalmente o ajuste da tensão do elástico, portanto durante o uso do suporte não há uma exatidão de que está ajustado corretamente, é baseado na percepção do trabalhador.

Os ajustes dos elásticos também por serem manuais demandam algum tempo para serem realizados, e dependendo da posição de instalação do suporte não é de fácil acesso, portanto o uso do suporte limitou-se a apenas um trabalhador por teste por mês, pois dessa forma foi possível evitar o

gasto do tempo para o ajuste do suporte e dentro do possível garantir que o ajuste uma vez feito para o trabalhador se mantivesse até o final de cada teste.

Algumas melhorias podem ser sugeridas para outras investigações, como por exemplo, analisar junto ao fornecedor do suporte ergonómico *Perdelle-Néo* ou fornecedores de equipamentos similares no mercado, algum tipo de ajuste do elástico mais prático e mais automatizado com quotas específicas de implementações para evitar a subjetividade do ajuste.

- **Método de medição direto *Kimea*:**

Já com o *Kimea*, o objetivo inicial era que a análise tivesse sido realizada no mesmo local e com os mesmos trabalhadores que participaram dos testes anteriores. No entanto, 3 tentativas foram feitas *com o uso do Kimea* neste local: a primeira com a câmara posicionada na frente do trabalhador, a segunda com a câmara posicionada atrás do trabalhador e a terceira com a câmara posicionada na lateral do trabalhador. Em todas as tentativas, quando analisado o vídeo, na operação comparada com o avatar no programa encontraram-se erros discrepantes de posição dos membros superiores, além de muitos momentos o sensor perder o sinal, conforme Figura 37.

Quando questionado a *Moovency*, foi explicado que o sensor pode ter interferência com a vibração, ruído e temperatura das máquinas, ou quando o sensor tem algum obstáculo, neste caso (Figura 37) a própria máquina de costura quando o vídeo é realizado de frente para o trabalhador. Por esses motivos a análise do *Kimea* foi realizada em outra indústria (do mesmo grupo e do mesmo ramo) onde a vibração, ruído e temperatura são menores.

A análise com o *Kimea* por ter sido de ser realizada em outra indústria devido aos fatores externos, foi realizada apenas com uma trabalhadora, que mesmo tendo recebido a formação apenas usou o suporte 1 vez, durante o estudo, portanto não há dados para comparação, e é possível levantar a hipótese de que a trabalhadora não estava familiarizada com o suporte ergonómico.

A fábrica em questão não foi considerada no início da investigação, pois nenhuma das trabalhadoras utilizam a máquina de coluna por mais de 4 horas seguidas, portanto entendeu-se que não seria relevante a aplicação do questionário de percepção devido ao uso esporádico da máquina de coluna.



Figura 37 – Erro com a leitura sensor durante o teste do *Kimea*.

4.6 Ações Corretivas

Algumas das abordagens viáveis para a prevenção de LMERT consistem em: dar atenção específica ao ciclo de produção; treinar os colaboradores quanto à correção das posturas assumidas; monitorização do processo de produção a fim de detetar precocemente condições de risco e, consequentemente, redesenhar o processo, também por meio de adequado rodízio de tarefas para minimizar e equilibrar e risco ergonômico (Manghisi et al., 2020).

Uma possibilidade de redução de risco é a revisão do *design* das capas automotivas de modo em que sua maioria seja possível ser costuradas em máquinas retas onde o risco ergonômico é menor para os membros superiores, conforme demonstrado através do RULA (Apêndice 1 e 2).

Já a rotatividade de tarefas poderia ser uma alternativa para os trabalhadores que trabalham com as máquinas de coluna, pois pesquisas recomendaram a redução da exposição a fatores de risco usando rotação de trabalho, já que a rotação de trabalho permite a transferência da carga de trabalho para outros músculos e aumenta a utilização de diferentes regiões do corpo, além de que a variação na exposição física ao risco, pode ser útil para proteção contra LMERT em trabalhos repetitivos (Moussavi et al., 2019).

Já em relação a treinamento de correção das posturas, embora existam revisões bibliográficas de treinamento ergonômico indicando bons resultados ainda não há consenso sobre seus efeitos, ou seja, se os treinamentos posturais e de ergonomias forem seguidas, se haverá redução da demanda física e, como consequência, da prevalência de LMERT (Faisting & Sato, 2019).

Apesar disso, para melhorar o nível de eficácia da formação ergonômico é a realização de um processo para avaliar as práticas e posturas mais adequadas, identificando possíveis facilitadores ou barreiras à implementação (Faisting & Sato, 2019), que pode ser usado no caso deste estudo o próprio sistema *Kimea* como uma base para o formação ergonômico de modo ao trabalhador visualizar quais são as posturas que é adotado que tem maior risco de desenvolvimento de LMERT.

5. CONCLUSÃO

Com essa investigação, conclui-se que as metodologias escolhidas não foram possíveis identificar a eficiência do conforto do suporte ergonómico *Perdelle-Néo* para as operações em máquinas de costura de coluna.

O questionário elaborado para esta pesquisa apesar de preocupar-se com perguntas objetivas de forma a trazer clareza para o entrevistado, criar um ambiente de confiança e de motivação, entretanto as respostas foram variadas não sendo possível identificar uma satisfação com relação ao conforto do uso do suporte.

A análise ergonómica através de vídeos, com o uso do *Kimeia*, apesar a objetividade das angulações serem identificadas por meio dos sensores inerciais, não foram identificados nesta análise ergonómica variações posturais significativas entre o uso e sem o uso do suporte, não sendo possível concluir que há algum impacto postural com o uso do suporte ergonómico.

Contudo para evidenciar de forma objetiva uma atividade muscular sistematicamente inferior com o suporte ergonómico, será necessário um novo estudo utilizando a metodologia de EMG.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFIA. (2022). *Situação dos Fabricantes para a Indústria Automóvel*. www.info@afia.pt
- Al khatib, A., Malhaire, J.-M., Dauvé, S., & Fougères, A.-J. (2023). PROJECT-BASED LEARNING FOR ENGINEERING STUDENTS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0: APPLICATION TO AUTOMOTIVE ASSEMBLY SYSTEM. *Proceedings of the Design Society*, 3, 2965–2974. <https://doi.org/10.1017/pds.2023.297>
- Andersen, J. H., & Gaardboe, O. (1993). Prevalence of Persistent Neck and Upper Limb Pain in a Historical Cohort of Sewing Machine Operators. *American Journal of Industrial Medicine*, 24, 677–687.
- Borg, G. (1990). Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. In *Scand J Work Environ Health* (Vol. 16). <https://doi.org/10.5271/sjweh.1815>
- Brogowski, L. (2015). *Bilan de la politique de la recherche à l'université Rennes*. <https://univ-rennes2.hal.science/hal-03214406>
- Colombini, D., & Occhipinti, E. (2018). Scientific basis of the OCRA method for risk assessment of biomechanical overload of upper limb, as preferred method in ISO standards on biomechanical risk factors. In *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* (Vol. 44, Issue 4, pp. 436–438). Nordic Association of Occupational Safety and Health. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3746>
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, Anabela, Ferreira, M. J., & Vieira, S. (2009). Investigação-Ação: Metodologia preferencial nas práticas educativas. *Psicologia, Educação e Cultura*, XIII(2), 445–479.
- David, G. C. (2005). Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occupational Medicine*, 55(3), 190–199. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqi082>
- Delleman, N. J., & Dul, J. (2002). Sewing machine operation: workstation adjustment, working posture, and workers' perceptions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 30, 341–353.
- Deparetere, N., Vannoorenberghe, E., Vidalie, A., & Frerot, F. (2023). *Effets du dispositif d'assistance physique au support de bras Perdelle-Neo pour des tâches de précision et à répétition de mouvements*. <https://7u33ubafgw.preview.infomaniak.website/wp-content/uploads/2023/05/Rapport-etude-Perdelle.pdf>

- Departamento de Engenharia Têxtil. (n.d.). Ensino superior no domínio têxtil. In *Universidade do Minho*. Retrieved August 12, 2023, from <http://www.det.uminho.pt/pt-pt/geral/historia/>
- Dianat, I., Kord, M., Yahyazade, P., Karimi, M. A., & Stedmon, A. W. (2015). Association of individual and work-related risk factors with musculoskeletal symptoms among Iranian sewing machine operators. *Applied Ergonomics*, 51, 180–188. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.04.017>
- Ellegast, R. (n.d.). Assessment of physical workloads to prevent work-related MSDs. *EU-OSHA - European Agency for Safety and Health at Work*. Retrieved August 12, 2023, from <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/assessment-physical-workloads-prevent-work-related-msds#>
- Eurofound. (2010). Fourth European Working Conditions Survey: Contribution to policy development. *Publications Office of the European Union, Luxembourg*. www.eurofound.europa.eu
- Eurofound. (2012). 5th European working conditions survey. *Publications Office of the European Union, Luxembourg*, 151.
- Eurofound. (2020). Working conditions in sectors European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. *Publications Office of the European Union, Luxembourg*. <https://doi.org/10.2806/765113>
- Faisting, A. L. R., & Sato, T. de O. (2019). Effectiveness of ergonomic training to reduce physical demands and musculoskeletal symptoms - An overview of systematic reviews. In *International Journal of Industrial Ergonomics* (Vol. 74). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.102845>
- Fritzsche, L. (2010). Ergonomics risk assessment with digital human models in car assembly: Simulation versus real life. *Human Factors and Ergonomics In Manufacturing*, 20(4), 287–299. <https://doi.org/10.1002/hfm.20221>
- Gil, A. Carlos. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (Editora Atlas S.A, Ed.; 6ª edição). Atlas.
- Huskisson, E. C. (1974). MEASUREMENT OF PAIN. *The Lancet*, 304(7889), 1127–1131. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(74\)90884-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(74)90884-8)
- ISO 11228-3. (2014). *Norma Brasileira - ABNT NBR ISO 11228-3:2014. Ergonomia - Movimentação manual Parte 3: Movimentação de cargas leves em alta frequência de repetição*. www.abnt.org.br
- Jana, P. (2015). Sewing equipment and work aids. In *Garment Manufacturing Technology* (pp. 275–315). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-232-7.00011-4>

- Kok, de J., 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. *EU-OSHA - European Agency for Safety and Health at Work*. <https://doi.org/10.2802/66947>
- Krafta, L., Freitas, H., Martens, C., & Andres, R. (2007). O Método da Pesquisa-Ação: um estudo em uma empresa de coleta e análise de dados [Dissertação de Mestrado]. In *Quanti&Quali*. http://www.ea.ufrgs.br/professores/hfreitas/files/orientacao/mestrado/defesa/pdf/44_dissertacao_lin a.pdf
- Kroemer, K. H. E. (2008). *Fitting the Human. Introduction to Ergonomics* (Taylor and Francis Group, Ed.; 6th edition). CRC Press. [https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781420055412](https://doi.org/10.1201/9781420055412)
- Li', G., Haslegrave, C. M., & Corlett, E. N. (1995). Factors affecting posture for machine sewing tasks. *Applied Ergonomics*, 26(1). [https://doi.org/0003-6870\(94\)00005-0](https://doi.org/0003-6870(94)00005-0)
- Manghisi, V. M., Uva, A. E., Fiorentino, M., Gattullo, M., Boccaccio, A., & Evangelista, A. (2020). Automatic ergonomic postural risk monitoring on the factory shopfloor -The Ergosentinel tool. *Procedia Manufacturing*, 42, 97–103. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.091>
- Marinotti, L. (2017). *CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DA JUNÇÃO MIOTENDÍNEA*. Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho.”
- McAtamney, L., & Corlett, N. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91–99. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(93\)90080-S](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-S)
- MOOVENCY. (2023). *KIMEA Manual de instrução*. www.moovency.com
- Motosi, C., Stéphenne, J.-F., Kempeneers, E., Denis, D., Plamondon, A., & Dierick, F. (2022). *Handling strategies of novice and experienced baggage handlers when using an extendable roller track conveyor in the cargo hold of a narrow-body aircraft*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1691418/v2>
- Moussavi, S. E., Zare, M., Mahdjoub, M., & Grunder, O. (2019). Balancing high operator's workload through a new job rotation approach: Application to an automotive assembly line. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 71, 136–144. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.03.003>
- Perdelle. (n.d.). *Perdelle-Neo*. Retrieved August 10, 2023, from <https://perdelle.com/>
- Perdelle. (2023). *Notice d'utilisation Version C Perdelle-Néo*. <https://perdelle.com/perdelle-neo/>

- Perista, H., & Carrilho, P. (2017). Portugal: Job quality under the spotlight in nation. *Eurofound*.
<https://www.eurofound.europa.eu/publications/article/2017/portugal-job-quality-under-the-spotlight-in-national-working-conditions-survey>
- Petreanu, V., & Seracin, A.-M. (2013). *Risk factors for musculoskeletal disorders development: hand-arm tasks, repetitive work*. <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/risk-factors-musculoskeletal-disorders-development-hand-arm-tasks-repetitive-work#>
- Punnett, L., & Wegman, D. H. (2004). Work-related musculoskeletal disorders: The epidemiologic evidence and the debate. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14(1), 13–23.
<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2003.09.015>
- Rebelo, F. (2004). *Ergonomia no dia-a-dia* (L. Edições Sílabo, Ed.; 1st ed.).
- Ribeiro, E. (2020). A INDÚSTRIA EM PORTUGAL NOS SÉCULOS XVIII, XIX E XX II-A INDÚSTRIA TÊXTIL EM PORTUGAL. *Academia Edu*.
https://www.academia.edu/43816195/A_IND%C3%A9STRIA_EM_PORTUGAL_NOS_S%C3%89CULOS_XVIII_XIX_E_XX_II_A_IND%C3%A9STRIA_T%C3%8AXTIL_EM_PORTUGAL
- Serranheira, F. (2007). *Lesões Músculo-Esqueléticas Ligadas ao Trabalho: que métodos de avaliação do risco?* [Tese de Doutoramento em Saúde Pública na especialidade de Saúde Ocupacional]. Universidade Nova de Lisboa Escola Nacional de Saúde Pública.
- Serranheira, F., & Sousa-Uva, A. (2011). *DOENÇAS MÚSCULO-ESQUELÉTICAS E TRABALHO- CONHECER, CUMPRIR OU PREVENIR*. <https://www.researchgate.net/publication/233991090>
- Van Der Beek, A. J., & Frings-Dresen, M. H. W. (1998). Assessment of mechanical exposure in ergonomic epidemiology. In *Occupational and Environmental Medicine* (Vol. 55, Issue 5, pp. 291–299). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/oem.55.5.291>
- Van Tulder, M., Malmivaara, A., & Koes, B. (2007). Repetitive strain injury. In *www.thelancet.com* (Vol. 369). www.thelancet.com
- Vetron Typical. (n.d.-a). *VETRON 5000 // 5010*. Retrieved August 14, 2023, from <https://www.vetrontypical-europe.com/vetron-5000-5010>
- Vetron Typical. (n.d.-b). *VETRON 5340*. Retrieved August 14, 2023, from <https://www.vetrontypical-europe.com/vetron-5340>

- Vuima, T., Nurminen, M., & Mutanen, P. (1982). Sewing-machine operators' work and musculo-skeletal complaints. *Ergonomics*, 25(4), 295–298. <https://doi.org/10.1080/00140138208924956>
- Whiting, W. C., & Zernicke, R. (2008). *Biomecânica Funcional e das Lesões Muscoloesqueléticas* (Editora Guanabara Koogan S.A., Ed.; 2nd ed.).

APÊNDICES

Apêndice 1 – RULA com a máquina reta

© adaptado por Pedro Azeiteiro & Ana Colim, 2021
Escola de Engenharia da Universidade do Minho
e-mail: cazazeiro@ua.pt
www.ceris.uevora.pt

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Adaptado de: McAtamney & Corlett (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper-limb disorders, *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99.

A. ANÁLISE DO BRAÇO E PUNHO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
Caso o ombro esteja levantado: +1
Caso haja abdução do braço: +1
Caso os ombros estejam apoiados: -1

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: -1

Passo 3: Verificar posição do punho

Passo 3a: Ajuste
Caso o punho apresente desvio lateral: -1

Passo 4: Rotação do punho
Caso haja ligeira rotação: +1
Caso haja rotação do punho até próximo do limite: -2

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na Tabela A.

Passo 6: Adicionar pontuação da Utilização Muscular
Caso a postura seja essencialmente estática (p.ex. mantida por mais de 1 min.) ou repetida 4 x por min ou mais: -1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): -0
Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 8: Determinar a linha da Tabela C
A pontuação completa da análise do membro superior/punho é utilizada para determinar a linha na tabela C.

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO E MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
Caso haja rotação lateral do pescoço: -1
Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
Caso haja rotação lateral do tronco: +1
Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Passo 11: Pernas
Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: -2

Tabela A

Braço	Antebraço	Punho				
		1	2	3	4	
1	1	1	2	2	3	3
2	2	2	2	2	3	3
3	3	3	3	3	4	4
4	4	4	4	4	5	5
5	5	5	5	5	6	6
6	6	6	6	6	7	7

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas		Pernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	7
2	2	3	2	3	4	5	5	6	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	8
5	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9

Tabela C

	Pontuação						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	4	4	4	5	5	6	6
5	5	5	5	6	6	7	7
6	6	6	6	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7

Pontuação Final = 4

Interpretação da Pontuação Final: 1 ou 2 = Aceitável; 3 ou 4 = Mais investigação; 5 ou 6 = Mais investigação e intervenção em breve; 7 = Investigação e intervenção imediata.

APÊNDICE 2 – RULA COM A MÁQUINA DE COLUNA

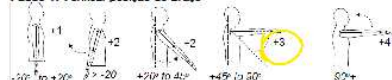
© adaptado por Pedro Amaras & Ana Colim, 2021
Escola da Engenharia da Universidade do Minho
e-mail: ana.colim@deco.uminho.pt

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Adaptado de: McAtamney & Corlett (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper-limb disorders, *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99.

A. ANÁLISE DO BRAÇO E PUNHO

Passo 1: Verificar posição do Braço

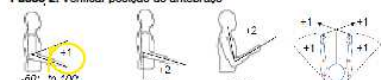


Passo 1a: Ajusto

Caso o ombro esteja levantado: +1
Caso haja abdução do braço: +1
Caso os ombros estejam apoiados: -1

Pontuação final do Braço = 5

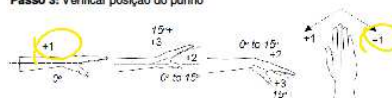
Passo 2: Verificar posição do antebraço



Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: -1

Pontuação final do Antebraço = 1

Passo 3: Verificar posição do punho



Caso o punho apresente desvio lateral: +1

Pontuação final do Punho = 2

Passo 4: Rotação do punho

Caso haja ligeira rotação: +1
Caso haja rotação do punho até próximo do limite: -2

Pontuação de Rotação do Punho = 1

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A

Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na Tabela A

Pontuação A = 5

Passo 6: Adicionar pontuação da Utilização Muscular

Caso a postura seja essencialmente estática (p.ex. mantida por mais de 1 min.) ou repetida 4 x por min ou mais: +1

Pontuação de Utilização Muscular = 1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força

Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): -0
Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontuação de Carga/Força = 0

Passo 8: Determinar a linha da Tabela C

A pontuação completa da análise do membro superior/punho é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontuação final do Punho e Braço = 6

Data: 20.05.23 Lado: Direito / Esquerdo (riscar o que não interessa)
Ponto de Trabalho: coluna Avaliador: Alina P

Tabela A

Braço	Antebraço	Punho			
		1	2	3	4
1	1	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2
3	3	2	2	2	2
4	4	2	2	2	2
5	5	2	2	2	2
6	6	2	2	2	2

Tabela C

1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	6
2	2	3	4	5	6	7
3	3	4	5	6	7	8
4	4	5	6	7	8	9
5	5	6	7	8	9	10
6	6	7	8	9	10	11
7	7	8	9	10	11	12
8	8	9	10	11	12	13

Pontuação Final = 6

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO E MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço



Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Passo 10: Verificar posição do tronco



Caso o tronco esteja bem apoiado enquanto sentado: +1
Caso o tronco não esteja bem apoiado: -1

Passo 10a: Ajusto

Caso haja rotação lateral do tronco: +1
Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Passo 11: Pernas

Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: -2

Passo 11a: Ajusto

Caso haja rotação lateral do tronco: +1
Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	2	1	2	1	2	1	2
2	2	3	2	3	2	3	2	3
3	3	4	3	4	3	4	3	4
4	4	5	4	5	4	5	4	5
5	5	6	5	6	5	6	5	6
6	6	7	6	7	6	7	6	7
7	7	8	7	8	7	8	7	8
8	8	9	8	9	8	9	8	9

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B

Utilize os valores dos passos 9 a 11 para encontrar a pontuação para a postura na Tabela B

Passo 13: Adicionar pontuação da Utilização Muscular

Caso a postura seja essencialmente estática (p.ex. mantida por mais de 1 min.) ou repetida 4 x por min ou mais: +1

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força

Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): -0
Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 15: Determinar a coluna da Tabela C

A pontuação completa da análise do pescoço, tronco e pernas é utilizada para determinar a coluna na Tabela C

Interpretação da Pontuação Final: 1 ou 2 = Acolitável; 3 ou 4 = Mais investigação; 5 ou 6 = Mais investigação e intervenção em breve; 7 = Investigação e intervenção imediata.

Apêndice 3 – Questionário de percepção

Suporte Ergonômico - Test FAA Moldados V1

* Obrigatória

* Este formulário registrará seu nome. Preencha-o.

Dados gerais

1

Data: *

2

Turno

☐ Manhã

☐ Tarde

3

GAP e número da máquina:

4.

O formulário deverá ser implementado três vezes durante o turno, de acordo com o esquema abaixo, devendo ser evitado a primeira hora após o início do turno, a hora após a pausa e a hora após o almoço. Indique em que momento foi realizado o questionário:

Turno - 8h							
1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h

- ☐ 2 horas após o início do turno
- ☐ 4 horas após o início do turno
- ☐ 7 horas após o início do turno

Presença

5

A operadora está presente? *

☐ Sim

☐ Não

▶

FEEDBACK DO OPERADOR



6

O suporte ergonómico encontra-se ajustado à sua altura? Avalie numa escala de 1 a 5 onde 1 significa "muito mau" e 5 significa "muito bom":

*



1

2

3

4

5

7

O suporte ergnômico lhe ajudou durante a operação? Avalie de 1 a 5, onde 1 significa "não ajudou em nada" e 5 "ajudou muito": *

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

8

Sentiu que seu movimento estava livre durante o uso? Avalie de 1 a 5, onde 1 significa "nada livre" e 5 significa "totalmente livre": *

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

9

Durante o uso, teve de fazer força com os braços para mantê-los para baixo? *

☐ Sim

☐ Não

10

Sentiu alguma dor ou desconforto durante o uso do suporte? *

☐ Sim

☐ Não

11

Se sim, em qual região?



☐ Punho



☐ Cotovelo



☐ Ombro



☐ Cervical

☐ Outros

☐ Não aplicável

12

Ao lado encontra-se a Escala de Esforço de Borg, de acordo com a sua percepção, qual o esforço que teve que fazer para realizar a operação segundo essa escala? *

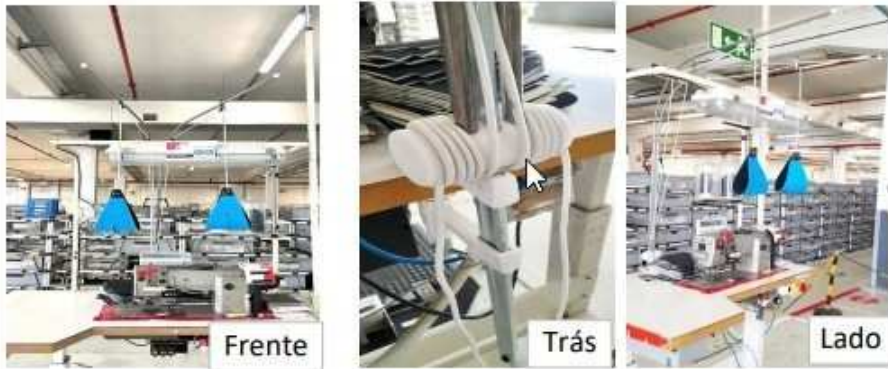
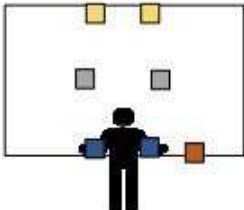
1	Muito Leve
2	Leve
3	
4	Moderado
5	
6	
7	Intenso
8	
9	Muito Intenso
10	Máximo

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

13

Observações *

APÊNDICE 4 – INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Nº	Operation	Description	illustration		
1	Suporte ergonómico Layout e identificação de dispositivos de ajuste	Layout			
		Quality Key point	Critéria: Limit OK / NOK		
		Não aplicável.	 Legenda: Ajuste de elástico Hastes de metal Apoio de braço Mesa		
		Reaction rules if NOK			
Não aplicável.					
NONCONFORMITY PIECES: REFER TO RULES OF NONCONFORMITY (FLOW, STOP@DEFECT OR OTHER GENERIC/SPECIFIC RULES)					

N°	Operation	Description	illustration				
2	Ajuste da mesa	Aperte o botão e ajuste a altura da mesa à altura dos cotovelos.					
		Quality Key point	Criteria: Limit OK / NOK				
		Não aplicável.	> Como: Aperte o botão para ajudar a altura da mesa à altura ergonómica (altura do umbigo) (Foto 1) OK -> A mesa está em uma altura confortável (à altura do umbigo). (Foto 2) NOK -> A mesa está muito baixa ou muito alta (não ajustada à altura do umbigo) (Foto 3 e 4)				
		Reaction rules if NOK					
		Parar o trabalho e ajustar a mesa na altura correta.					

NONCONFORMITY PIECES: REFER TO RULES OF NONCONFORMITY (FLOW, STOP@DEFECT OR OTHER GENERIC/SPECIFIC RULES)

Nº	Operation	Description	Illustration					
3	Ajuste de elástico	Ajuste do elástico	 					
		Quality Key point		Critéria: Limit OK / NOK				
		Não aplicável.	> Como: Passo 1: Ajustar o elástico à volta do rolo de plástico de modo a apertá-lo ou folgá-lo. (Foto 1) folgá-lo: Retirar as voltas do elástico de modo a ter mais elástico disponível. Para apertá-lo: Dar mais voltas do elástico, de modo a ter menos elástico disponível. Passo 2: Para fixar: Fixar a parte final do elástico no espaço para fixá-lo na lateral. (Foto 1) OK -> Elástico bem fixados e apoios de braço à mesma altura. (Foto 3) NOK -> Elástico e apoios de braços soltos e/ou em alturas diferentes. (Fotos 4 e 5)					
		Reaction rules if NOK						
		Parar o trabalho e ajustar o elástico na altura correta.						
NONCONFORMITY PIECES: REFER TO RULES OF NONCONFORMITY (FLOW, STOP@DEFECT OR OTHER GENERIC/SPECIFIC RULES)								

Nº	Operation	Description	Illustration				
4	Ajuste das hastes de metal	Ajuste os elásticos na largura dos ombros	 	 Foto 1	 Foto 2	 Foto 3	 Foto 4
		Quality Key point	Critéria: Limit OK / NOK				
		Não aplicável.	> Como: Ajuste as hastes de metal para que o elástico fique na mesma largura dos ombros. (Foto 1) OK -> Elásticos posicionadas na largura dos ombros. (Foto 2) NOK -> Elásticos não posicionadas na direcção dos ombros (muito abertas ou muito fechadas). (Foto 3 e 4)				
		Reaction rules if NOK					
		Parar o trabalho e ajustar os elásticos na largura dos ombros.					
Description			Illustration				

NONCONFORMITY PIECES: REFER TO RULES OF NONCONFORMITY (FLOW, STOP/DEFECT OR OTHER GENERIC/SPECIFIC RULES)

NONCONFORMITY PIECES: REFER TO RULES OF NONCONFORMITY (FLOW, STOP/DEFECT OR OTHER GENERIC/SPECIFIC RULES)

Nº	Operation	Description	illustration	
5	Ajuste dos apoios de braço	Encaixe os apoios de braço nos cotovelos.	+ ✋ 👁	OK  Foto 1 NOK  Foto 2
		Quality Key point	Critéria: Limit OK / NOK	
		Não aplicável.		
		Reaction rules if NOK		
		Parar o trabalho e encaixar os apoios de braço nos cotovelos.		
Description	illustration			

NONCONFORMITY PIECES: REFER TO RULES OF NONCONFORMITY (FLOW, STOP@DEFECT OR OTHER GENERIC/SPECIFIC RULES)