

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANDERSON SESTILIO STRAMARI

MÉTODO PARA DETECÇÃO DE ESTRESSE EM MONTADORES  
INDUSTRIAIS USANDO SENSORES SMARTWATCH

CURITIBA  
2023

ANDERSON SESTILIO STRAMARI

MÉTODO PARA DETECÇÃO DE ESTRESSE EM MONTADORES INDUSTRIAIS  
USANDO SENSORES SMARTWATCH

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia Manufatura, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Manufatura.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Fontana Catapan

Coorientador: Prof. Dr. Christian Scapulatempo Strobel

CURITIBA  
2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Stramari, Anderson Sestilio

Método para detecção de estresse em montadores industriais usando sensores *smartwatch*. / Anderson Sestilio Stramari. – Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Manufatura.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Fontana Catapan

Coorientador: Prof. Dr. Christian Scapulatempo Strobel

1. Ergonomia. 2. Estresse no trabalho. I. Catapan, Márcio Fontana. II. Strobel, Christian Scapulatempo. III. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Manufatura IV. Título.

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE  
MANUFATURA - 40001016171P2

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA DE MANUFATURA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **ANDERSON SESTILIO STRAMARI** intitulada: **MÉTODO PARA DETECÇÃO DE ESTRESSE EM MONTADORES INDUSTRIAIS USANDO SENSORES SMARTWATCH**, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 27 de Junho de 2023.

Assinatura Eletrônica

29/07/2023 00:06:24.0

MARCIO FONTANA CATAPAN

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

29/07/2023 17:22:16.0

FLAVIO ISSAO KUBOTA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

31/07/2023 11:24:50.0

JOSÉ LOURENÇO JUNIOR

Avaliador Externo (FURUKAWA ELECTRIC LATAM)

## RESUMO

Os níveis de estresse relacionados ao trabalho podem ter origem em fatores como necessidade de desempenho, demanda física, mental ou de tempo e frustração ao alcançar objetivos. O nível de complexidade cognitiva das atividades portanto parece ter influência direta na carga mental exigida. Nas análises ergonômicas de um posto de trabalho os tipos de movimento, a duração, a frequência e a intensidade sempre foram objetos de estudo, porém todos esses fatores estão relacionados mais às sobrecargas físicas do que aos fatores cognitivos ou emocionais. A proposta do presente estudo é aprofundar a discussão sobre as relações entre os níveis de complexidade físicas e cognitivas das atividades e suas influências sobre o estresse mental decorrente destes trabalhos. Para tanto foi desenvolvido um método utilizando a tecnologia de relógios inteligentes com sensores de medição de sinais vitais, os *smartwatches*, para identificar de forma quantitativa, os níveis de estresse dos colaboradores durante o trabalho. Os níveis de complexidade das atividades de 4 postos de trabalho de uma linha de montagem foram definidos utilizando um modelo conhecido de carga mental associado às análises ergonômicas. Os dados encontrados neste estudo demonstraram, que a média dos níveis de estresse aferidos nos trabalhadores, teve uma diferença de até 15% entre os postos com menor e maior nível de complexidade. Este resultado sugere uma relação entre esses fatores poderá, portanto, contribuir para definição de estratégias visando reduzir a quantidade de atividades complexas e para melhora da saúde dos trabalhadores.

Palavras-chave: Carga Mental. Ergonomia. Complexidade das Atividades. Nível de Estresse.

## ABSTRACT

Work-related stress levels can stem from factors such as performances needs, physical, mental or time demands, and frustration in achieving goals. The level of cognitive complexity of the activities therefore has a direct influence on the required mental load. In the ergonomic analysis of a job, the types of movement, duration, frequency, and intensity have always been objects of study, but all these factors are more related to physical overloads than to cognitive or emotional factors. The purpose of the present study is to deepen the discussion on the relationships between the levels of physical and cognitive complexity of activities and their influences on the stress resulting from these works. For that, a method was developed using the technology of smart watches with sensors measuring vital signs was used to quantitatively identify the levels of stress of employees during work. The activity complexity levels of 4 workstations on an assembly line were defined using a well-known model of mental load associated with ergonomic analyses. The data found in this study showed that the average stress levels measured in workers had a difference of up to 15% between the workstation with the lowest and highest level of complexity. This result suggests a relationship between these factors that may, therefore, contribute to the definition of strategies aimed at reducing the number of complex activities and improving workers' health.

*Keywords: Mental Workload. Ergonomics. Activity Complexity. Stress Level.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – ORGANIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE COMPLEXIDADE - RASMUSSEN.....	14
FIGURA 2 – ISOs E CENs ATENDIDAS PELO MÉTODO EAWS.....	15
FIGURA 3 – GRADUAÇÃO DE CORES PELO MACHINERY DEIRECTIVE 2006/42.....	16
FIGURA 4 – SEQUÊNCIA DE MOVIMENTOS CONSIDERADOS BÁSICOS.....	17
FIGURA 5 – FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO TRABALHO.....	20
FIGURA 6 – FASES DE UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA EFETIVA.....	21
FIGURA 7 – IMAGENS DO <i>DISPLAY</i> DO <i>SMARTWATCH</i> .....	26
FIGURA 8 – ATIVIDADE DE PEGAR CABO DA CAIXA.....	34
FIGURA 9 – ATIVIDADE DE INSERÇÃO.....	34
FIGURA 10 – ATIVIDADE DE POLIMENTO.....	35
FIGURA 11 – ATIVIDADE DE TESTE ÓPTICO.....	36

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PONTUAÇÃO POR NÍVEIS DE COMPLEXIDADE.....	23
TABELA 2 – CRITÉRIO DE PONTUAÇÃO DE NÍVEL DE ESTRESSE.....	27
TABELA 3 – RESULTADO DA AVALIAÇÃO ERGONÔMICA EAWS.....	31
TABELA 4 – RESULTADO DA PONTUAÇÃO POR NÍVEIS DE COMPLEXIDADE.....	32
TABELA 5 – DADOS DOS POSTOS DE TRABALHO SELECIONADOS.....	33
TABELA 6 – RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS DE CARGA MENTAL .....	37
TABELA 7 – MÉDIA DE ESTRESSE X MÉDIA DE FREQUÊNCIA CARDÍACA.....	39

## **LISTA DE GRÁFICOS**

GRÁFICO 1 – NÍVEIS DE ESTRESSE POR POSTO DE TRABALHO.....	40
GRÁFICO 2 – VALORES DE ESTRESSE POR POSTO DE TRABALHO.....	41
GRÁFICO 3 – NÍVEIS DE FREQUÊNCIA CARDÍACA POR POSTO DE TRABALHO.....	42

## LISTA DE SIGLAS

MTM – *Method Time Measurement*

EAWS – *Ergonomics Assembly Work-sheet*

MWL – *Mental Workload*

FC – Frequência Cardíaca

SpO2 – Saturação de Oxigênio

OMS – Organização Mundial da Saúde

SWAT – *Subjective Workload Assessment Technique*

TLX – *Task Load Index*

SEP – Síndrome do Esgotamento Profissional

WoS – *Web of Science*®

## CONTEÚDO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
1.1. RELAÇÃO ENTRE COMPLEXIDADE DE ATIVIDADES E CARGA MENTAL.....	7
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	7
1.3. OBJETIVOS.....	8
1.3.1. Obejtivos Específico.....	8
1.4. PRODUTO TECNOLÓGICO.....	9
1.5. CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO.....	9
1.5.1. Contribuições para a academia.....	9
1.5.2. Contribuições para a indústria.....	10
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>11</b>
2.1. MODELO DE AVALIAÇÃO COGNITIVA DE RASMUSSEN.....	12
2.2. AVALIAÇÃO ERGONOMICA POR MEIO DO MÉTODO EAWS.....	14
2.2.1 Pontuação EAWS.....	15
2.3. DESCRIÇÃO DOS MOVIMENTOS E DETERMINAÇÃO DE TEMPO.....	16
2.4. PROPOSIÇÕES.....	17
<b>3. ABORDAGEM METODOLÓGICA.....</b>	<b>19</b>
3.1. ETAPA 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
3.2. ETAPA 2 – AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA.....	21
3.3. ETAPA 3 – DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES REALIZADAS NOS POSTOS DE TRABALHO.....	22
3.4. ETAPA 4 – ANÁLISE ERGONÔMICA DOS POSTOS DE TRABALHO.....	22
3.5. ETAPA 5 – CLASSIFICAÇÃO DOS GRAUS DE COMPLEXIDADE DAS ATIVIDADES REALIZADAS NOS POSTOS DE TRABALHO.....	23
3.6. ETAPA 6 – SELEÇÃO DOS POSTOS PARA COLETA DOS DADOS.....	24

3.7. ETAPA 7 – APLICAR AVALIAÇÃO DE CARGA MENTAL (NASA e SWAT) NOS POSTOS DE TRABALHO SELECIONADOS.....	24
3.8. ETAPA 8 – COLETA DOS DADOS NOS POSTOS DE TRABALHO.....	25
3.9. ETAPA 9 – ESTRATIFICAÇÃO DOS DADOS E CORRELAÇÕES ESTATÍSTICAS....	27
<b>4. APLICAÇÃO DO MÉTODO E DISCUSSÕES.....</b>	<b>28</b>
4.1. RESULTADOS DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	28
4.2. AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA.....	30
4.3. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES SELECIONADAS .....	31
4.4. RESULTADOS DAS ANÁLISES ERGONÔMICAS DOS POSTOS DE TRABALHO.....	31
4.5. CLASSIFICAÇÃO DE COMPLEXIDADE DAS ATIVIDADES.....	32
4.6. AVALIAÇÃO DE CARGA MENTAL (NASA E SWAT).....	32
4.7. SELEÇÃO DOS POSTOS PARA COLETA DE DADOS.....	36
4.8. COLETA DOS NÍVEIS DE ESTRESSE COM <i>SMARTWATCH</i> .....	38
4.9. ESTRATIFICAÇÃO DOS DADOS E CORRELAÇÕES ESTATÍSTICAS.....	40
4.10. SEÇÃO SECUNDÁRIA DOS RESULTADOS.....	41
<b>5. CONCLUSÕES FINAIS.....</b>	<b>43</b>
5.1. PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	44
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>48</b>

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Buzogi e Kim (2017), “o aumento da customização em massa nos processos de montagem tem levado a um trabalho com um nível de complexidade mais elevado de atividades”. Onde anteriormente os trabalhadores das linhas de montagem necessitavam montar de forma rotineira e com maior número de repetições produtos considerados homogêneos, ou seja, com quase nenhuma variação, observa-se hoje em dia que a “montagem de modelo misto”, tem aumentado proporcionalmente em virtude da maior demanda por produtos heterogêneos, com uma quantidade maior de variáveis.

Como consequência, os aspectos mentais no trabalho de montagem ganharam importância pela maior diversificação nas linhas de produção com maior densidade de escolha durante o processo de montagem. A complexidade geral de um determinado processo de trabalho de montagem resulta da soma de escolhas a serem feitas em todas as etapas ao longo do um tempo limitado.

Cada escolha é baseada em um episódio de processamento de informações, incluindo aspectos de atenção, controle de interferência, inibição e execução comportamental. Quanto mais informações estão contidas em um sistema de montagem, maior é a atividade cognitiva necessária para lidar com a incerteza do trabalhador associada a cada escolha durante a execução da tarefa. “A complexidade de escolha do operador é definida na incerteza média ou na aleatoriedade (do produto). Em uma linha de montagem com diferentes variantes de produtos são exigidas escolhas e adaptações comportamentais ao longo em determinado período, levando assim para maior carga de trabalho mental”. (ZHU et al, 2008)

Existe a possibilidade de que o aumento da demanda mental esteja relacionado com o aumento dos níveis de estresse no trabalho desencadeando um aumento nas doenças ocupacionais de fundo emocional como por exemplo a Síndrome do Esgotamento Profissional (SEP), também conhecida como Síndrome de *Burnout*. A Organização Mundial da Saúde (OMS) divulgou levantamento de que quase 1 bilhão de pessoas viviam, em 2019, com algum tipo de transtorno mental e que um em cada cinco indivíduos apresentavam algum nível de problema de saúde mental. “Pesquisas também demonstraram que as síndromes relacionadas ao aumento do estresse no trabalho tais como a SEP, tiveram um aumento significativo”. (PELLEGRINI, 2010)

Diversos fatores podem estar contribuindo para o aumento dos níveis de estresse decorrentes das atividades realizadas durante o trabalho. Um dos fatores estudados está relacionado com “o aumento da customização em massa nos processos de montagem, que leva a trabalhos que apresentam, em geral, um nível mais alto de complexidade”. (ZHU, 2009)

### 1.1. RELAÇÃO ENTRE COMPLEXIDADE DE ATIVIDADES E CARGA MENTAL

A psicologia cognitiva estuda o comportamento de escolha dos seres humanos e suas características emocionais com o objetivo de entender e auxiliar as pessoas. Existem algumas correlações com estudos de tempo de reação para determinado estímulo. Como mostrado em estudos empíricos, os tempos de resposta a um estímulo aumentam com um número crescente de estímulos ou de alternativas de reação a serem consideradas. “Quanto maior o número de opções de escolha, mais alternativas devem ser levadas em conta. Quanto maior a complexidade mais tempo é necessário para a conclusão correta da tarefa”. (NUNES & GIRAFFA, 2003)

Uma confirmação adicional vem da pesquisa de percepção. Usando o rastreamento ocular para obter a percepção do comportamento do olhar (fixações e percepções) é possível fazer suposições sobre a base perceptiva e cognitiva dos processos de escolha. “Com a maior complexidade das tarefas e um número crescente de escolhas, há uma necessidade de uma memorização repetida e mais longa de instruções. Através desses processos de memorização mais longos e repetidos, o ruído informacional é reduzido, o estresse na memória de trabalho é aliviado e novas capacidades são disponibilizadas”. (BUZOGI & KIM, 2017)

Ambas as linhas de pesquisa mostram que a estrutura e o número de processos cognitivos são determinados pela interação dos recursos da tarefa, dos recursos do operador e das condições de trabalho.

### 1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

“As empresas têm se deparado com um cenário de aumento de doenças relacionadas ao estresse mental nos colaboradores, situação para a qual não foram devidamente preparadas”. (MHA, 2018)

A maioria dos afastamentos do trabalho sempre estiveram relacionados aos distúrbios físicos causados por sobrecargas biomecânicas, como por exemplo doenças osteomusculares. Os tratamentos para estas doenças são bem conhecidos pelos especialistas e permitem, na maior parte dos casos, o retorno ao trabalho após um período de recuperação, com algumas adaptações específicas em alguns casos.

A sobrecarga mental exige outro tipo de tratamento, com auxílio de profissionais especializados na área, como psiquiatras e psicólogos. As formas de intervenção também precisam ser diferentes; apenas adaptações físicas nos postos de trabalho podem não ser suficientes. Existe a necessidade de entender os motivos que levaram os trabalhadores a apresentarem sobrecargas mentais para e definir então melhores estratégias para amenizar os efeitos.

Como será demonstrado na revisão bibliográfica realizada neste trabalho, estudos com o objetivo de identificar quais são os fatores específicos que contribuem para a sobrecarga mental no trabalho ainda não aparecem em grande quantidade. Talvez pela dificuldade de realizar estudos dentro das empresas. Desta forma, os problemas estão relacionados as seguintes perguntas: Estariam esses fatores relacionados a complexidade das atividades ou as sobrecargas físicas? Existiria algum outro fator ainda não identificado?

### 1.3. OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo principal propor um método, que por meio do uso de tecnologia de monitoramento de dados vitais por relógios inteligentes (*smartwatches*), permita correlacionar os níveis de estresse mental (sobrecarga mental) dos trabalhadores de linhas de montagem com os níveis de complexidade das tarefas executadas.

#### 1.3.1 Objetivos Específicos

Para atingir os objetivos do trabalho estão sendo propostos os específicos a seguir:

- Proposta de um método de avaliação de estresse no trabalho.

- Determinar os níveis de complexidade das atividades dos postos de trabalho de uma linha de montagem.
- Aferir os Níveis de Estresse dos colaboradores em diferentes postos durante a jornada de trabalho.
- Avaliação do Método correlacionando resultados obtidos com avaliação de carga mental padrão ouro (Questionário NASA TLX e Matriz SWAT).

#### 1.4. PRODUTO TECNOLÓGICO

O presente estudo servirá de embasamento técnico para análise de ferramentas que visem minimizar os possíveis impactos das atividades com grande grau de complexidade sobre os níveis de estresse dos colaboradores.

Atualmente atividades realizadas com determinados equipamentos que utilizam tecnologia de inteligência artificial e *Deep Learning* como, por exemplo, o de teste visual microscópico de fibra óptica automático, podem reduzir a necessidade de decisão dos operadores e conseqüentemente podem diminuir a carga mental do trabalho.

#### 1.5. CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

##### 1.5.1. Contribuições para a academia

Os dados levantados neste estudo poderão direcionar novas pesquisas sobre saúde mental e seus efeitos.

Caso o método de avaliação de nível de estresse utilizada neste projeto se comprove eficaz, novos trabalhos de pesquisa poderão ser realizados utilizando a ferramenta como uma forma de comparação quantitativa em ações implementadas.

As conclusões obtidas a partir desse estudo populacional também podem fornecer luz às hipóteses de que atividades com maior grau de complexidade resultam em um maior nível de estresse ou sobrecarga mental e fomentar novas pesquisas.

A própria metodologia de classificação de níveis de complexidade, que fez parte deste trabalho, poderá ser utilizada para aprimorar as ferramentas de análise

ergonômica existentes, que atualmente só analisam as sobrecargas físicas, adicionando o componente de sobrecarga mental na avaliação dos postos de trabalho.

#### 1.5.2. Contribuições para a indústria

As conclusões dessa pesquisa podem auxiliar no desenvolvimento de estratégias para reduzir a sobrecarga mental dos trabalhadores nas linhas de montagem, como o desenvolvimento de tecnologias com Inteligência Artificial e *Deep Learning* visando diminuir as decisões baseadas em níveis de conhecimento, facilitando o treinamento e reduzindo cargas de trabalho mental.

Novos tipos de balanceamento das atividades nos postos de trabalho podem ser propostos, bem como uma melhor definição de rodízios nas linhas de montagem reduzindo o estresse físico e mental do trabalhador diminuindo o número de absenteísmos e afastamentos. Essas ações poderão resultar no aumento da produtividade das empresas sem afetar de forma negativa a saúde dos colaboradores.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No início da década de 90, autores como Karasek e Theorell (1990) afirmavam que as condições de trabalho determinam o nível de saúde do trabalhador. Além disso, observaram que altas demandas psicológicas aliadas ao pequeno controle que o indivíduo pode ter em seu trabalho e ao baixo nível de suporte da organização em que se trabalha são circunstâncias que podem desencadear situações estressantes.

“Entende-se por carga mental aquele esforço mental que é feito no momento de desenvolver as atividades laborais, o qual é determinado pela quantidade e o tipo de informação que é tratada no local de trabalho, então isso implica que o cérebro responde aos estímulos que tem por conta da atividade de trabalho”. (ORMAZA et al, 2019).

No artigo denominado "Carga Mental no Trabalho" escrito por Willians (2014) o autor discorre uma rica explicação da carga mental no trabalho onde afirma: “a carga mental é determinada pela quantidade de informações que devem ser abordadas, o tempo disponível para isso e a importância das decisões tomadas”. Afirma ainda que isso está relacionado ao trabalho intelectual, visto que envolve o trabalho do cérebro e a resposta que ele dá aos estímulos. O autor considera que para que esse processo de carga intelectual ocorra é necessário que a informação seja detectada, identificada, codificada e interpretada, descrevendo as possíveis respostas necessárias para então emitir a resposta. “A carga mental no trabalho gera fadiga, que está relacionada às condições de trabalho, ao tipo de trabalho, ao tempo, à complexidade da tarefa, ao nível de atenção e ao rigor”. (WILLIANS, 2014)

Segundo Busogi e Kim (2017), um dos problemas que emerge do aumento das variedades em uma linha de montagem mista, por exemplo, é a complexidade de escolha. Ao adicionar variantes em um sistema de manufatura e aumentar o número de componentes do produto também teremos que aumentar os recursos necessários para gerenciar as interações desses componentes. Esses aspectos de complexidade do sistema incorrem em custos adicionais diretos e/ou indiretos; custos para gerenciar o processo de fabricação e com recursos necessários para manufatura. “À medida que o número de opções cresce, os operadores ineficientemente requerem mais tempo para tomar decisões precisas”. (BUZOGI & KIM, 2017)

Diversos estudos tentaram, ao longo dos anos, quantificar qual seria a exigência mental dos indivíduos durante determinadas atividades. Essas análises

foram realizadas muitas vezes por meio de métodos qualitativos como o Questionário *NASA TLX - Task Load Index* (ANEXOS 1 ao 4) e a Matriz *SWAT - Subjective Workload Assessment Technique* (ANEXO 5) utilizados na pesquisa de Muñoz e Martinez (2006) onde observou-se que o horário de trabalho, a demanda diária, a demanda temporária e a frustração na tarefa podem ser consideradas fatores de risco para estresse do trabalho.

Objetivando-se quantificar níveis de Carga Mental, pesquisas recentes como a de Bläsing e Bornewasser (2021) utilizando uma abordagem de medição multimodal, ou seja, com eletrocardiograma (ECG), frequência cardíaca (FC), variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e movimento dos olhos (avaliação de resposta pupilar, duração da fixação, velocidade de pico sacádico e área de análise de interesse) bem como indicadores relacionados ao desempenho (tempo, falha) foi possível detectar diferenças baseadas em complexidade de atividades e Carga Metal.

Estudos como o de Ristert (2022) utilizando dispositivos portáteis coletando eletrocardiogramas e sinais respiratórios visando a detecção do nível de ansiedade por meio da variação da frequência cardíaca e da frequência respiratória demonstraram que ocorrem mudanças significativas nesses dados quando foram induzidos estados de ansiedade.

## 2.1. MODELO DE AVALIAÇÃO COGNITIVA DE RASMUSSEN

Partindo da necessidade da utilização de ferramentas e modelos reconhecidos cientificamente para tentar descrever e classificar as atividades quanto a sua carga cognitiva, o modelo de Rasmussen (1997) foi selecionado para ser utilizado neste trabalho por ser amplamente fundamentado e apresentar algumas vantagens técnicas.

O método desenvolvido por Rasmussen (1997) para considerar competências cognitivas por meio do modelo conhecido como *SRK (Skill-Rule-Knowledge)* em português traduzido como: Habilidades-Regras-Conhecimento, descreve qualitativamente diferentes modos do processamento de informação de uma pessoa em situação real de trabalho.

Segundo Marins e Meja (2017) o modelo de Rasmussen apresenta vantagens em relação a outros métodos para análise e classificação das atividades quanto a carga cognitiva “primeiramente pela continuidade em relação aos modelos anteriores

utilizados em psicologia do trabalho e por apresentar clareza graças a um formalismo simples e conceitos bem definidos. O modelo também é suficientemente flexível para considerar uma grande diversidade de situações de trabalho e apresenta uma formalização das diferentes fases no tratamento das situações de trabalho”.

Rasmussen identifica três tipos de comportamentos do colaborador no trabalho:

a) Comportamentos baseados em Habilidades (*Skills*): essencialmente sensório-motores, que são acionados automaticamente por situações rotineiras e que se desenvolvem segundo um modelo interno não consciente e adquirido previamente. As habilidades são pouco sensíveis às condicionantes do meio ambiente e permitem reações rápidas, podendo se desenrolar paralelamente com outras atividades. Podem, certamente, originar uma ação que seja resposta inadequada ao estado do sistema.

b) Comportamentos baseados em Regras (*Rules*): que são sequências de ações controladas por regras interiorizadas por aprendizagem. Essas regras apresenta um certo grau de variabilidade. Os comportamentos baseados em regras são sequências de ações controladas por normas memorizadas por meio da aprendizagem. Estes comportamentos supõem uma execução e, uma coordenação das atividades pois correspondem a situações familiares, mas que tem um certo grau de variabilidade.

c) Comportamentos baseados em Conhecimento (*Knowledge*): que aparecem nas novas situações, para as quais não existem regras pré-construídas. Esses tipos de comportamentos correspondem ao percurso do conjunto de etapas descritas pelo esquema de Rasmussen. Elas estão mais ligadas aos esquemas do sujeito do que à própria tarefa. Uma mesma tarefa pode ser familiar para um sujeito experiente e totalmente nova para um aprendiz.

Outra característica do modelo de Rasmussen é que ele associa, a cada um dos comportamentos, um significado particular quanto as informações tratadas:

- a) As habilidades (destreza) são ativadas por “sinais”;
- b) As regras são ativadas por “signos”;
- c) Os conhecimentos são ativados por “símbolos”.

Os comportamentos ficam categorizados pelos sinais utilizados com base na função que exercem em cada atividade de trabalho:

- a) Os Sinais: habilidades;
- b) Os Signos: regras;
- c) Os Símbolos: conhecimentos



FIGURA 2 – ISOs E CENs Atendidas pelo Método EAWS

Área de Risco	Normas		Métodos de Avaliação Ergonômica	
	CEN	ISO	2º Nível	1º Nível
Posturas do Corpo	1005-4	11226	OWAS	AAWS EAWS
Forças de Ação	1005-3	11228-2	RULA	
Movimentação Manual de Cargas	1005-2	11228-1	NIOSH SNOOK-CIRIELLO	
Carga de Membros Superiores em Atividades Repetitivas	1005-5	11228-3	OCRA STRAIN INDEX HAL-TV	

Fonte: Adaptado de ©AMI – 01. EAWS\_1.3.2CENG\_PM. V08.09B.doc (2009)

A estrutura de análise EAWS se baseia em duas (2) Macro Sessões chamadas de; Posturas Corporais e Membros Superiores:

1. Macro Seção - Posturas Corporais (*Whole body*)
  - Seção 0: Pontos Extras
  - Seção 1: Posturas (Cargas Estáticas)
  - Seção 2: Forças de Ação
  - Seção 3: Carregamento Manual de Cargas
  
2. Macro Seção - Membros Superiores (*Upper Limb*)
  - Seção 4: Carga de Membros Superiores em Atividades Repetitivas

### 2.2.1. Pontuação EAWS

A pontuação do sistema EAWS é determinado por um Índice de Risco (R), que é dado pela resultante entre Intensidade (I) e Duração (D) dos movimentos realizados em determinada postura.

O resultado numérico de cada Macro Seção é apresentado em um esquema de cores (verde, amarelo, vermelho) de acordo com o *Machinery Directive 2006/42*. (FIGURA 3)

FIGURA 3 – Graduação De Cores Pelo Machinery Deirective 2006/42

0 - 25 pontos	Green	Nenhum Risco ou Baixo Risco - Recomendado; Nenhuma ação é necessária.
26 - 50 pontos	Yellow	Possível Risco - Não recomendado; Sugere que ações devem ser tomadas para reduzir o risco.
> 50 pontos	Red	Alto Risco - Atividade deve ser Evitada; Ações para reduzir o risco são necessárias.

Fonte: Adaptado de ©AMI – 01. EAWS\_1.3.2CENG\_PM. V08.09B.doc (2009)

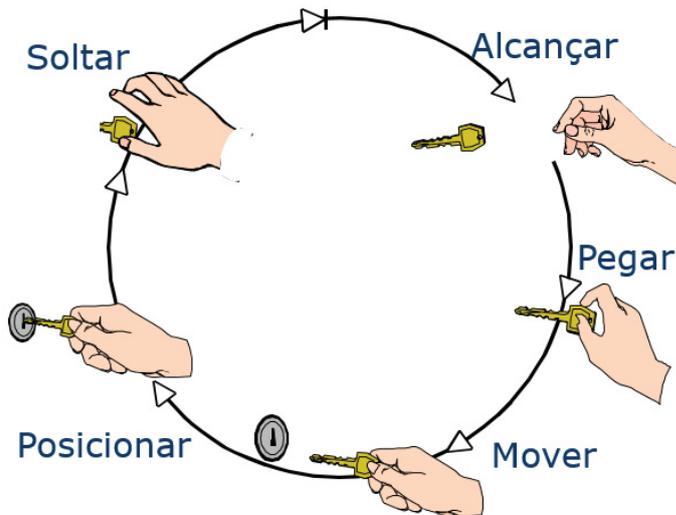
### 2.3. DESCRIÇÃO DOS MOVIMENTOS E DETERMINAÇÃO DE TEMPO

O método MTM, abreviação de *Methods-Time Measurement*, que pode ser traduzido como Medição do Tempo de Método, e trata-se do método de tempos pré-determinados mais difundido no mundo segundo a *MTM Association*®. “É um método utilizado para descrever, estruturar, configurar e planejar os sistemas de trabalho”. (MTM Association, 2020)

Neste método, a cada movimento básico, é atribuído o valor de tempo padrão, que foi determinado com base em correlações estatísticas de observações de vídeos dos mais diferentes movimentos realizados em linhas de produção ao longo de anos. O método utiliza como referência o *desempenho padrão*, que é definido como: “o desempenho de uma pessoa medianamente treinada que consegue manter o nível de desempenho sem, contudo, apresentar aumento da fadiga ao longo da jornada de trabalho”. (MTM Association, 2020)

Segundo preconizam publicações da *MTM Association*®, “as pesquisas realizadas para definição do método demonstraram que 80% a 85% das sequências de movimento influenciáveis no tempo de uma atividade se compõem em 5 movimentos considerados básicos; alcançar, pegar, mover, posicionar e soltar”. Ocorre, portanto, de forma típica, o ciclo de movimento conforme figura abaixo. (FIGURA 4)

FIGURA 4 – Sequência De Movimentos Considerados Básicos



Fonte: Adaptado de *MTM ASSOCIATION e. V., MTM-Institut (2020)*

O método utiliza parâmetros de influência para determinar o tempo em que os movimentos são realizados tais como: distância, peso, volume e precisão no posicionamento do objeto.

Ao utilizar a metodologia MTM é possível determinar os tipos, as quantidades e a duração de todos os movimentos realizados durante a execução de uma tarefa.

As informações obtidas por meio da metodologia MTM são fundamentais para utilização do método de avaliação ergonômica EAWS e para a quantificação do grau de risco ergonômico de um determinado tipo de trabalho.

## 2.4. PROPOSIÇÕES

Ao descrever os movimentos realizados em cada etapa de um processo pelo método MTM é possível entender e quantificar os níveis de complexidade de uma determinada tarefa por meio do modelo proposto por Rasmussen.

Uma atividade pode ser definida por seus níveis de complexidade e pelo seu grau de risco ergonômico por meio do escore EAWS.

Os níveis de complexidade podem estar relacionados com a carga mental a que o indivíduo é submetido e o escore ergonômico às cargas físicas impostas pela atividade.

A utilização de dispositivos vestíveis, que possuem sensores específicos, poderia determinar com algum grau de eficiência alguns sinais vitais como Frequência

Cardíaca, Taxa de Oxigênio no Sangue (saturação) e Taxa de respirações por minuto. Por meio de um algoritmo que utiliza esses dados é possível aferir um nível (pontuação) de estresse ao qual o indivíduo está sujeito em uma determinada situação.

A possibilidade de realizar a leitura desses sinais vitais dos colaboradores nos postos de trabalho fornecem dados interessantes que podem ser cruzados estatisticamente obtendo assim informações sobre a correlação de complexidade das tarefas e a carga mental.

A partir de todos os aspectos observados neste capítulo, foi possível traçar uma sequência metodológica para a detecção dos níveis de estresse em montadores industriais baseado em diversas áreas de conhecimento científico.

### 3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Como o principal objetivo deste projeto de pesquisa é apresentar um método para avaliar os níveis de estresse de trabalhadores durante suas atividades laborais e permitir sua correlação com a carga de trabalho, a proposta seguiu uma sequência de etapas que são complementares entre si e permitem uma avaliação mais assertiva dos resultados.

Pesquisar e analisar as mais diversas publicações relacionadas ao tema, por meio de um método já estabelecido e reconhecido, foi de extrema relevância para encontrar as melhores referências relacionadas ao tema abordado. Para tanto foi utilizada a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) que é “um método científico para busca e análise de artigos de uma determinada área da ciência”. (CONFORTO et al. 2011)

Para que o método fosse aplicado foi fundamental contar com a autorização e colaboração da empresa, demonstrando sua preocupação com a saúde dos seus colaboradores. Os dados descritivos das atividades laborais fornecidos pela engenharia industrial da empresa foram importantes para o entendimento das características físicas, permitindo uma avaliação profunda dos aspectos ergonômicos e das questões relacionadas a saúde mental.

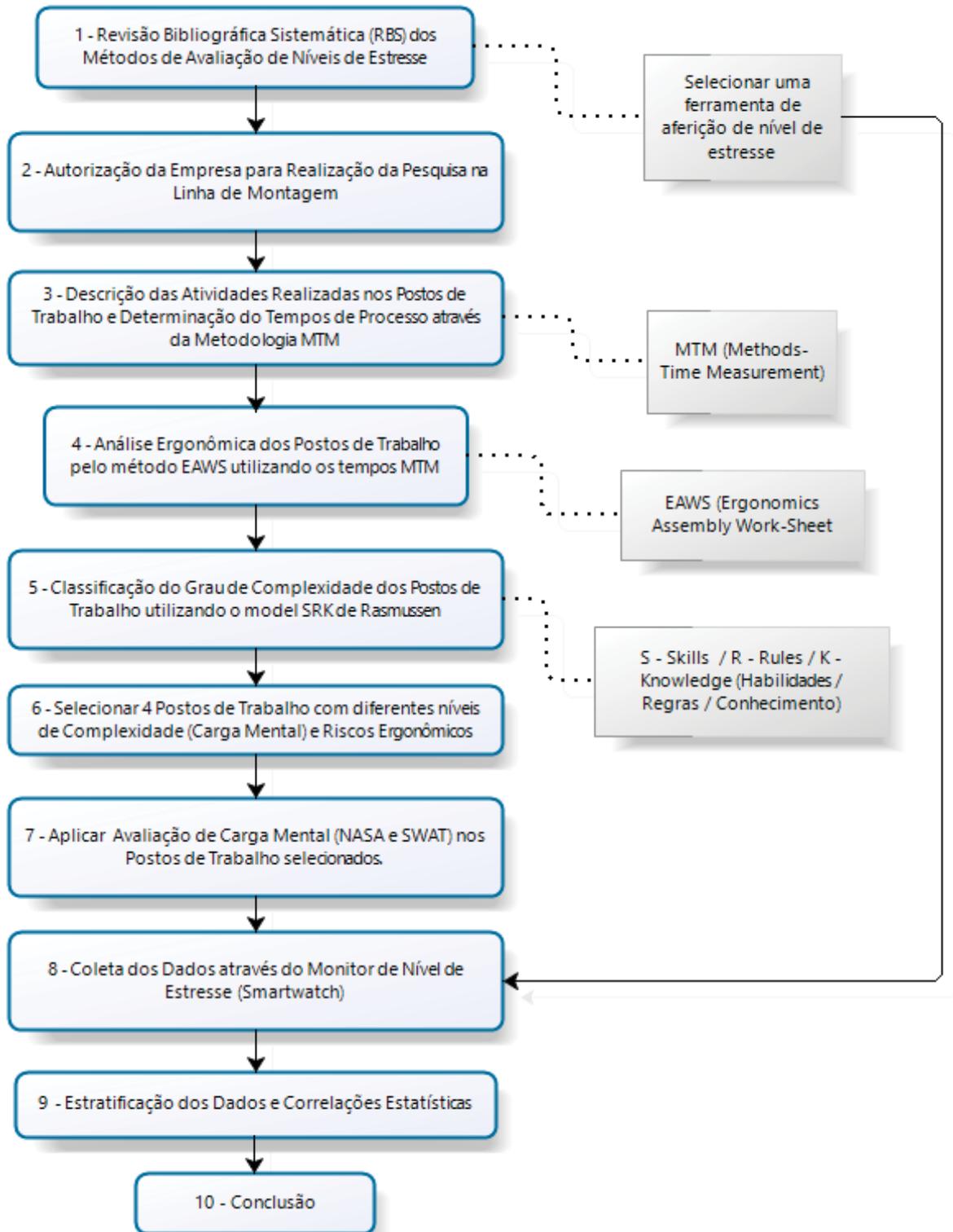
Um dos focos para realização de uma abordagem científica foi a análise de características que poderiam contribuir para elevar os níveis de estresse no trabalho como a exigência física e a exigência mental, portanto foi importante determinar, por meio de métodos estabelecidos, os níveis de complexidade das atividades e suas condições ergonômicas.

Utilizando as informações coletadas nas etapas anteriores foi traçada a abordagem para a coleta de dados da pesquisa com os colaboradores, visando reduzir ruídos e obter informações mais fidedignas.

Para que o método tivesse replicabilidade foi importante a realização da avaliação estatística dos dados coletados, verificando dessa forma sua significância permitindo então a comparação com outros métodos estabelecidos verificando assim sua confiabilidade.

O método proposto seguiu a seguinte sequência de ações que serão detalhadas na sequência: (FIGURA 5)

FIGURA 5 – Fluxograma das Etapas do Trabalho



FONTE: O Autor (2023)

### 3.1. ETAPA 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o objetivo de encontrar referências de trabalhos relacionados com avaliação de nível de estresse e carga mental este estudo adotou a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) como citado na apresentação do item 3 deste trabalho.

Levy e Ellis (2006) descrevem uma revisão sistemática por meio de um processo com uma “sequência de passos e atividades”. Para alcançar esses resultados três fases principais foram definidas: “entrada”; “processamento”; e “saída”. Na fase “entrada” estão as informações preliminares que serão processadas, por exemplo: artigos clássicos na área de estudo, livros-texto que compilam conhecimentos na área, artigos de referência indicados por especialistas. (LEVY e ELLIS, 2006)

Na fase de “Processamento” ocorre a condução das buscas com definição dos critérios de busca, análises dos resultados e documentação utilizada. Já na fase de “saída” ocorre a seleção e cadastro dos artigos selecionados e realiza-se a síntese dos resultados obtidos nesta pesquisa. (FIGURA 6)

FIGURA 6 – Fases de uma revisão bibliográfica efetiva



Fonte: Adaptado de Levy e Ellis (2006).

### 3.2. ETAPA 2 – AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA

Como o objeto desta pesquisa foi realizar o levantamento de níveis de estresse e carga mental no ambiente de trabalho pelo monitoramento com sensores de relógios inteligentes, foi necessária a autorização e colaboração de uma empresa. Buscou-se então a parceria para realizar o estudo em uma fábrica de uma empresa localizada na

cidade de Curitiba, que realiza a montagem de conectores para cabos ópticos, que percebeu oportunidade de melhorar as condições de trabalho para seus colaboradores, podendo influenciar dessa forma, no aumento da sua produtividade.

### 3.3. ETAPA 3 – DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES REALIZADAS NOS POSTOS DE TRABALHO

Para aplicação da proposta deste trabalho foi importante selecionar atividades que tivessem diferentes características de exigências físicas e mentais, facilitando a observação dos efeitos sobre o estresse mental dos colaboradores.

Essas atividades precisariam estar muito bem descritas de forma a viabilizar a quantificação dos níveis de complexidade de cada posto de trabalho utilizando para tanto o modelo de Rasmussen, já aprofundado neste trabalho no item 2.1.

Os movimentos e atividades realizados em cada postos de trabalho de uma linha de montagem de conectores foram descritos por meio da metodologia MTM como explicado no item 2.3 deste trabalho. (*MTM ASSOCIATION, 2020*)

### 3.4. ETAPA 4 – ANÁLISE ERGONÔMICA DOS POSTOS DE TRABALHO

A quantificação do risco ergonômico referente ao posto de trabalho evidencia a chamada carga física na qual o colaborador é exposto enquanto realiza determinado tipo de atividade.

A sobrecarga física é relacionada aos níveis de estresse mental em estudos recentes onde resultados experimentais confirmaram que “a fadiga e as tarefas de alta complexidade agravam os efeitos negativos em relação ao desempenho”. (*CHEN et al, 2022*)

Com base na conclusão destas publicações, foi importante para este trabalho, a utilização de uma metodologia de análise ergonômica quantitativa, que levasse em consideração cada um dos movimentos executados no posto de trabalho. A metodologia EAWS, citada no item 2.2, foi capaz de abordar, com grande detalhamento, todos os aspectos físicos das atividades.

### 3.5. ETAPA 5 – CLASSIFICAÇÃO DOS GRAUS DE COMPLEXIDADE DAS ATIVIDADES REALIZADAS NOS POSTOS DE TRABALHO

Nesta etapa do trabalho, foi necessária a escolha de uma metodologia que permitisse classificar o grau de complexidade das atividades realizadas nos postos de trabalho. Como apresentado no item 2.1 deste trabalho, a complexidade das atividades poderia ter influência direta sobre os níveis de carga mental dos colaboradores.

Com as informações descritas em cada posto de trabalho, foi possível utilizar a definição das características de cada atividade, como descritas por Rasmussen; baseada em habilidade, em uso de regras ou conhecimentos específicos. Dessa forma foi possível utilizar o método de pontuação, proposto por Martins e Meja (2019) e conseguir quantificar a exigência mental para execução de cada posto de trabalho.

Os graus de complexidade foram pontuados com base no tipo de exigência da atividade (TABELA 1) observando os comportamentos para realização conforme:

- “Habilidade”; que seria o nível de controle muscular utilizado para execução da atividade. É basicamente uma reprodução automática dos gestos no sistema de operações.
- “Regra”; que seria o primeiro nível de controle consciente do procedimento. O colaborador utiliza regras, adota procedimentos, observa os sinais e correlaciona com um padrão já estipulado.
- “Conhecimento”; seria o nível mais complexo de controle consciente, no qual o colaborador adota estratégias para solução de problemas com base em modelos mentais adquiridos anteriormente.

TABELA 1 – Pontuação Por Níveis De Complexidade

TIPO DE EXIGÊNCIA DE COMPLEXIDADE DA ATIVIDADE	PONTUAÇÃO POR ATIVIDADE
HABILIDADES - CONTROLE MUSCULAR	1
REGRAS - PROCEDIMENTOS	2
CONHECIMENTO - DECISÕES	3

Fonte: O Autor (2023)

### 3.6. ETAPA 6 – SELEÇÃO DOS POSTOS DE TRABALHO PARA COLETA DOS DADOS

Visando obter dados significativos para comparação dos mais diversos fatores que podem influenciar os níveis de estresse no trabalho, foram selecionados postos de trabalho com diferentes características de carga física e mental.

Para objeto deste trabalho foram estipulados que 4 (quatro) postos de trabalho, que apresentassem diferentes níveis de complexidade pelo modelo descrito por Rasmussen e de risco ergonômico avaliados pelo método EAWS, com base nos movimentos descritos por meio da metodologia de análise de tempo MTM, possibilitariam a aquisição das informações necessárias para correlação estatística.

### 3.7. ETAPA 7 – APLICAR AVALIAÇÃO DE CARGA MENTAL (NASA e SWAT) NOS POSTOS DE TRABALHO SELECIONADOS

Para que o método proposto de avaliação de estresse, com a utilização de sensores de relógios inteligentes, pudesse ser confrontado e comparado com outras formas de avaliação de estresse e carga mental já conhecidos e amplamente aplicados foram selecionados dois métodos, considerados padrão ouro, para serem aplicados nos mesmos postos de trabalho onde seriam coletadas as informações pelos sensores de relógios inteligentes, são eles os questionários para avaliação de carga mental; *NASA TLX - Task Load Index* (ANEXOs 1 ao 4) e a *Matriz SWAT - Subjective Workload Assessment Technique* (ANEXO 5).

No questionário NASA TLX, os colaboradores apontam o “peso” que certos assuntos têm em relação a carga mental como por exemplo: a Demanda Mental, a Demanda Física, a Demanda de Tempo, o Desempenho, o Esforço e a Frustração.

Na avaliação pela Matriz SWAT, os colaboradores apontam fatores como; Demandas Cognitivas e Complexidade das Tarefas, Consequências para a Saúde, Características da Tarefa, Organização Temporal e Ritmo de Trabalho.

Foram aplicadas as duas metodologias com cinco colaboradores, considerados experientes, nos postos definidos. As médias dos resultados foram utilizadas como referência para comparação com os dados obtidos pela aferição do estresse por meio dos sensores de relógios inteligentes.

### 3.8. ETAPA 8 – COLETA DOS DADOS NOS POSTOS DE TRABALHO

Para realizar a coleta dos dados por meio do monitoramento por sensores de relógios inteligentes, os colaboradores receberam informações sobre o objetivo e importância do estudo e foram convidados a participar voluntariamente. Cada participante informou o número do seu CPF (Cadastro de Pessoa Física) e assinou ao lado dos dados coletados comprovando a autenticidade das informações e sua concordância com a pesquisa. (ANEXOS 11 AO 14)

Visando reduzir o ruído em relação a confiabilidade dos dados e como a maioria dos colaboradores da empresa objeto deste trabalho são mulheres, a população avaliada foi exclusivamente do sexo feminino.

As colaboradoras que aceitaram participar, de forma voluntária, foram abordadas durante suas atividades laborais e lhes foi perguntado á quanto tempo já estavam executando aquela atividade; somente as colaboradoras que estavam a pelo menos trinta minutos na atividade foram avaliadas. Este critério de tempo mínimo no posto de trabalho foi definido para que os efeitos das atividades (físico ou mental) para sobre o colaborador pudessem realmente ser percebidos nos resultados das coletas.

Atualmente existe no mercado uma grande oferta de relógios inteligentes que realizam o monitoramento do estresse utilizando sensores de frequência cardíaca e que por meio de um algoritmo podem estimar o nível de estresse por meio da diferença dos dados coletados em função de um determinado tempo. Alguns fabricantes destes dispositivos relatam apresentar maior fidedignidade nos dados monitorados através de sensores mais precisos.

Existem também os dispositivos que realizam a medição do estresse por meio de sensores eletrodérmicos, detectando pequenas mudanças elétricas na pele. O nível de estresse é obtido ao monitorar os níveis de cortisol; que é um hormônio associado a problemas de concentração, insônia e doenças cardíacas. Segundo os fabricantes, esses dispositivos são capazes inclusive de prever o estresse com até uma hora de antecedência.

Para este trabalho o dispositivo selecionado foi o relógio inteligente da marca Amazfit® modelo GTR 3 Pro (FIGURA 7) que é a terceira geração do equipamento e apresenta melhorias no sistema de sensores sugerindo maior precisão na coleta de dados. Este equipamento também foi selecionado por apresentar um menor custo-

benefício em relação a outros equipamentos oferecidos no mercado que apresentavam o mesmo tipo de tecnologia.

Utilizando o modelo de relógio inteligente citado acima foi solicitando então que os colaboradores “vestissem” o dispositivo, no pulso esquerdo, conforme orientações do fabricante: “Evite usar o relógio na articulação do pulso, mantenha o braço plano, mantenha um encaixe confortável (adequadamente apertado) entre o relógio e a pele do pulso e mantenha o braço imóvel durante todo o processo de medição. Quando afetado por fatores externos (flexão do braço, oscilação do braço, pelos do braço, tatuagem etc.), o resultado da medição pode ser impreciso ou a medição pode falhar sem gerar resultado.” (AMAZFIT, 2022)

As atividades foram então pausadas e com o colaborador em repouso foi realizada a aferição onde foram observadas e registradas as seguintes informações:

- Frequência Cardíaca (FC)
- Nível de Estresse
- Oxigênio no Sangue (Saturação - SpO2)
- Taxa de Respiração

FIGURA 7 – Imagens do *Display* do *Smartwatch*



Fonte: Adaptado do site oficial do fabricante <https://www.amazfit.com/br/gtr3-pro>

Seguindo a orientação do fabricante, o relógio inteligente (<https://www.amazfit.com/br/gtr3-pro>) foi “vestido” no colaborador à largura de um dedo de distância do pulso e apertado de forma mais justa possível. Foi solicitado então que o colaborador mantivesse o braço imóvel durante 45 segundos, tempo este necessário para que as 4 informações de saúde fossem registradas (FC, Nível de Estresse, SpO2 e Taxa de Respiração).

Segundo o fabricante do relógio inteligente, o nível de stress é calculado com base na variabilidade da frequência cardíaca (vfc) por meio de algoritmo e possui a seguinte classificação de resultados (TABELA 2):

TABELA 2 – Critério De Pontuação De Nível De Estresse

CRITÉRIO NÍVEL DE ESTRESSE	
0 - 39	RELAXADO
40 - 59	NORMAL
60 - 79	MÉDIO
80 - 100	ALTO

Fonte: Adaptado do Site Amazfit (<https://www.amazfit.com/br/gtr3-pro>)

### 3.9. ETAPA 9 – ESTRATIFICAÇÃO DOS DADOS E CORRELAÇÕES ESTATÍSTICAS

Nesta etapa do trabalho de pesquisa os dados foram estratificados em quatro planilhas, diferenciando cada um dos postos analisados, e submetidos à uma análise estatística por meio do software Minitab Statistic® para correlação dos dados. (ANEXO 15)

Os dados obtidos nas avaliações subjetivas de carga de trabalho; NASA-TLX e Matriz SWAT, foram apenas utilizados como referência por utilizarem variáveis diferentes entre si. Dessa forma puderam apenas ser comparados com os resultados obtidos pelo monitoramento com relógios inteligentes, mas sem correlação estatística significativa.

A definição das nove etapas apresentadas neste capítulo foi consolidada observando os métodos que poderiam trazer maior confiabilidade, em cada uma delas, durante a análise estatística. Outros métodos podem ser utilizados para essas observações, porém, podem aumentar o ruído em virtude do grande número de variáveis influenciáveis no resultado de estresse mental.

A aplicação prática de cada uma das etapas aqui apresentadas será detalhada no próximo capítulo a fim de facilitar o entendimento e replicabilidade do método.

## 4. APLICAÇÃO DO MÉTODO E DISCUSSÕES

Por meio da abordagem metodológica, definida pela fundamentação teórica e detalhada no capítulo anterior, foi possível a realização de cada uma das etapas em parceria com a empresa. Serão apresentados neste capítulo os resultados obtidos utilizando cada dos métodos propostos.

### 4.1. RESULTADOS REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

Com o objetivo de obter informações relevantes para este trabalho foram realizadas pesquisas nas principais plataformas utilizando, para início da pesquisa, palavras chaves como: *estresse ocupacional* e *carga mental*, onde foram encontradas 309 publicações nas plataformas Scopus® e *Web of Science*®. Ao aplicar os filtros: “acesso aberto”, “publicações de 2018 a 2023” e “somente artigos concluídos em inglês”; obteve-se 44 artigos elegíveis. Alguns desses artigos foram fundamentais para o estudo de estresse no trabalho como por exemplo o artigo: *Avaliação da carga mental de trabalho e do desempenho de medidas de mensuração: NASA TLX e SWAT*. (CARDOSO, 2012) Que faz um comparativo sobre as duas principais ferramentas qualitativas de avaliação de carga mental no trabalho; o questionário NASA - *Task Load Index* (ANEXOS 1 ao 4) e a Matriz SWAT de avaliação de carga mental (ANEXO 5) que utiliza uma escala *Likert* de quantificação. Ambos considerados padrão ouro em avaliação de carga mental.

Ainda nesta fase de revisão bibliográfica foram realizadas pesquisas com as palavras chaves; *complexidade das atividades*, pelas Plataformas Scopus® e *Web of Science*®, onde foram encontradas 66.161 referências. Ao aplicar os filtros: “acesso aberto”, “limitando publicações de 2018 a 2023” e “somente artigos concluídos em inglês”; obteve-se 8.487 artigos elegíveis. Muito se publicou a respeito do assunto “complexidade das atividades no trabalho” ao longo dos anos, mas alguns artigos em específico fizeram uma análise profunda sobre sua relação com a carga mental, como por exemplo, a clássica publicação de Rasmussen, J. (1997) que é uma constante referência; *Gestão de Riscos em uma Sociedade Dinâmica: Um problema de modelagem*, já exposto neste trabalho no item 2.1.

Uma nova pesquisa foi realizada com as palavras chaves *complexidade das atividades* e *smartwatches* foram encontrados 14 artigos; destes apenas 7 artigos

utilizando o monitoramento de estresse relacionados ao trabalho com sensores de relógios inteligentes apresentaram informações relevantes para o desenvolvimento deste trabalho.

Dentre os sete artigos com maior aderência ao tema tratado neste trabalho, dois tiveram maior contribuição, foram eles: *Detecção de Estresse Mental através da Variação da Frequência Cardíaca utilizando Aprendizado de Máquina* (HANTONO et al, 2020) que utilizou o monitoramento da frequência cardíaca em estudantes, enquanto realizavam tarefas que exigiam desempenho e capacidade de memorização de sequencia de atividades, para avaliar a precisão dos sensores de frequência cardíaca e os algoritmos utilizados na definição no nível de estresse mental; e o trabalho denominado *Variação de Frequência Cardíaca (VFC) e estresse: uma abordagem de métodos mistos para comparação de frequência cardíaca com Sensores de Relógios Inteligentes para Biofeedback*, (UMAIR et al, 2021); que demonstrou a eficácia de uma abordagem de métodos mista para comparar a qualidade dos dados de medição de frequência cardíaca em seis diferentes relógios inteligentes. Ambas as publicações acima discorrem sobre as principais características da aferição de níveis de estresse utilizando como referência a variação da frequência cardíaca do indivíduo.

Outras cinco publicações também trouxeram dados importantes: *Variação de Frequência Cardíaca e Respiratória como Biomarcadores para Detecção de Ansiedade* (RITSERT et al, 2022), que forneceu uma revisão da literatura sobre a relação entre o estresse, a variação da frequência cardíaca e a variação da frequência respiratória; o artigo *Detecção de Estresse Contínuo Usando Sensores Vestíveis na Vida Real: Desafio de Programação Algorítmica Estudo de Caso* (CAN et al, 2019) onde os autores apresentam um sistema de detecção automática de estresse, que pode ser utilizado no dia a dia dos usuários, medindo diferentes situações de influência, e demonstraram que os sinais fisiológicos são sensíveis aos movimentos dos sujeitos avaliados; no artigo *Relógio de Estresse: o Uso da Frequência Cardíaca e da Variabilidade da Frequência Cardíaca para Detectar o Estresse: Um Estudo Piloto Utilizando Relógios Inteligentes Vestíveis* (CHALMERS et al, 2021) os autores realizaram um estudo com 30 estudantes de medicina avaliando como os níveis basais de estresse afetam na variabilidade da frequência cardíaca; já na publicação *Monitoramento de Estresse Usando Sensores Vestíveis: Um Estudo Piloto utilizando um Conjunto de Dados para Previsão de Estresse* (IQBAL et al, 2022) foi apresentado um estudo com 35 voluntários submetidos a uma série de tarefas, com diferentes níveis

de estresse físico e mental, enquanto monitorados por dispositivos vestíveis, demonstrando a associação entre esses fatores; e o artigo *Como Relaxar em Situações Estressantes: Um Sistema Inteligente para Redução do Estresse* (CAN et al, 2020) que sugere um método de relaxamento específico quando um determinado nível de estresse é observado por meio de dispositivos vestíveis. Todas as publicações acima citadas apresentaram resultados considerados confiáveis, utilizando a tecnologia dos relógios vestíveis, para avaliar os níveis de estresse e serviram como referência para o desenvolvimento deste trabalho.

Os sensores e os algoritmos utilizados para quantificar nível de estresse são tecnologias relativamente recentes. A maioria dos artigos relacionados ao tema específico foram publicadas nos últimos cinco anos e percebe-se, portanto, uma grande oportunidade para que projetos científicos atestem a efetividade destes equipamentos inclusive correlacionando com as metodologias citadas acima.

A revisão bibliográfica foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho, servindo de base para construção do método aqui proposto. A pesquisa demonstrou ainda, que existem poucos trabalhos correlacionando os temas pesquisados e não foram encontrados métodos específicos para realização de uma avaliação de níveis de estresse no trabalho de forma sistemática como o proposto neste trabalho.

Por meio da observação das publicações percebeu-se que a oportunidade da realização rápida do monitoramento de estresse no ambiente de trabalho poderia trazer diversos benefícios com estratégias para melhorar as condições de trabalho. Dessa forma, com base nas informações obtidas, optou-se pela utilização nesta pesquisa do relógio inteligente como ferramenta de análise e a partir daí foi estruturado um método para que a coleta tivesse mais efetividade.

#### 4.2. AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA

O projeto de pesquisa foi apresentado à chefia dos setores da empresa mais interessados na utilização dos resultados visando a melhoria das condições de trabalho aos colaboradores. (ANEXO 10)

Foram cumpridas e observadas todas as exigências de sigilosidade e preservação de imagens que pudessem contrariar as normas da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) e do programa de Compliance da empresa.

Os colaboradores que aceitaram participar voluntariamente foram devidamente informados dos objetivos da pesquisa e preencheram os termos de aceite.

#### 4.3. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

O departamento de engenharia industrial da empresa forneceu a descrição detalhada de cada um dos movimentos realizados em cada atividade dos postos de trabalho, bem como os tempos segundo estabelecido no método MTM, em que uma pessoa considerada medianamente treinada pudesse realizar a atividade sem evidenciar fadiga.

As descrições das atividades são demonstradas no exemplo (ANEXO 6) e serviram como base para análise dos riscos ergonômicos.

#### 4.4. ANÁLISE ERGONÔMICA DOS POSTOS SELECIONADOS

Ao utilizar os dados e tempos de processos obtidos na etapa anterior, pela metodologia MTM, os postos de trabalho puderam então ser avaliados utilizando o método EAWS, descrito na seção 2.2.

Foi utilizado o software MTM TiCon4®, desenvolvido pela própria *MTM Association*®, correlacionado todos os movimentos com frequência, força, intensidade, ângulo de movimento e tempo de exposição para obtenção do escore ergonômico de cada posto. (ANEXOS 7 e 8)

Os resultados encontrados de forma quantitativa, que podem ser considerados como a carga física à que o colaborador é exposto durante o período de trabalho em determinado posto, estão na tabela abaixo e serão detalhados na seção 4.6. (TABELA 3)

TABELA 3 – Resultado da Avaliação Ergonômica EAWS

POSTO DE TRABALHO	TEMPO DE CICLO (seg)	ESCORE ERGONÔMICO EAWS
POSTO 1 - Pegar cabo da Caixa	17,5	42
POSTO 2 - Inserção	31	22
POSTO 3 - Polimento	542,2	15,7
POSTO 4 - Teste Óptico	55,6	27,5

Fonte: O Autor (2023)

#### 4.5. CLASSIFICAÇÃO DE COMPLEXIDADE DAS ATIVIDADES

Cada uma das atividades descritas realizadas dentro de um ciclo que foram utilizadas como objeto deste trabalho foram pontuadas com base no modelo de Rasmussen também explicado na seção 2.1.

O método de pontuação foi baseado no modelo do trabalho publicado por Martins e Meja (2019) estipulando pontos para cada tipo de comportamento observado na atividade. (ANEXO 9)

Os resultados obtidos da somatória da pontuação de cada atividade realizada no posto de trabalho que permitiram a classificação em “simples”, “semi-complexo” e “complexo” serão detalhados na próxima seção deste trabalho. (TABELA 4)

TABELA 4 – Resultado da Pontuação por Níveis De Complexidade

POSTO DE TRABALHO	PONTUAÇÃO DO NÍVEL DE COMPLEXIDADE DO POSTO	CLASSIFICAÇÃO DO POSTO POR NÍVEL DE COMPLEXIDADE
POSTO 1 - Pegar cabo da Caixa	3	SIMPLES
POSTO 2 - Inserção	9	SIMPLES
POSTO 3 - Polimento	23	COMPLEXO
POSTO 4 - Teste Óptico	17	SEMI-COMPLEXO

Fonte: O Autor (2023)

#### 4.6. SELEÇÃO DOS POSTOS PARA COLETA DE DADOS

Objetivando-se observar a existência real de um aumento da carga mental conforme o aumento dos níveis de complexidade das atividades, foram selecionados quatro diferentes postos de trabalho. Os postos foram selecionados de forma que as pontuações de complexidade referente as atividades tivessem maior variação entre eles. Conforme demonstrado no item 4.5 estes postos apresentaram uma variação entre 3 e 23 pontos.

Baseados na pontuação obtida dois dos postos selecionados foram considerados como de baixa complexidade (de 0 “zero” a 12 pontos denominados como: SIMPLES), um deles considerado de média complexidade (de 13 a 20 pontos denominado SEMI-COMPLEXO) e um de alta complexidade (acima de 21 pontos denominado como COMPLEXO). (TABELA 4)

A fim de correlacionar a carga física com a carga mental de um posto de trabalho, foram selecionados postos com diferentes níveis de risco ergonômico

determinados pelo escore obtido na avaliação de ergonomia com o método EAWS. (TABELA 5)

TABELA 5 – Dados Dos Postos De Trabalho Selecionados

POSTO DE TRABALHO	NÍVEL DE COMPLEXIDADE	CLASSIFICAÇÃO DE COMPLEXIDADE	RESULTADO SWAT	RESULTADO NASA	MÉDIA ESTRESSE (SMARTWATCH)	ESCORE ERGONÔMICO
POSTO 1 - Pegar cabo da Caixa	3	SIMPLES	11,99	16,26	48,75	42
POSTO 2 - Inserção	9	SIMPLES	15,83	14,68	45,60	22
POSTO 3 - Polimento	23	COMPLEXO	15,76	15,86	52,18	15,7
POSTO 4 - Teste Óptico	17	SEMI-COMPLEXO	16,08	16,93	53,7	27,5

Fonte: O Autor (2023)

Os postos selecionados apresentaram as seguintes características:

POSTO 1 – Pegar o cabo da caixa.

O primeiro posto de trabalho selecionado, realiza a atividade denominada de Retirar o Cabo da Caixa e apresenta o menor nível de complexidade entre as atividades, considerado SIMPLES. (FIGURA 8)

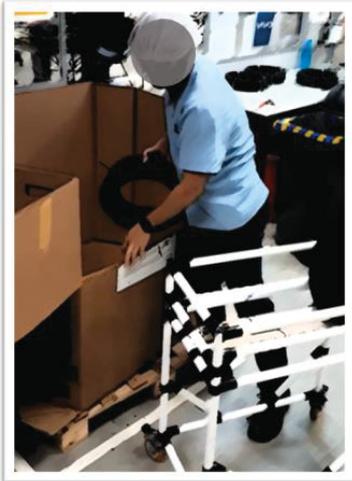
Nesta atividade, inicial no processo de produção de conectores, o colaborador deve retirar os cabos de dentro de uma caixa, de forma unitária, posicioná-los em um carrinho transportador e realizar o início da preparação da ponta do cabo que será conectorizado.

O colaborador trabalha em pé, realizando deslocamentos e movimentações de cargas de variam de 0.500 Kg a 5,6 Kg.

O ciclo de trabalho é curto, apresentando certa repetibilidade dos movimentos.

A atividade apresentou, pela avaliação ergonômica, o escore EAWS de 42 pontos, considerada pelo método como risco “moderado”. Essa pontuação se deve a necessidade de movimentação de cargas variadas e algumas posturas com flexão de coluna. É considerada, portanto, a atividade que tem maior exigência física dentre as quatro selecionadas e ao mesmo tempo a que apresenta o menor nível de complexidade para realização.

FIGURA 8 – Atividade de Pegar o Cabo da Caixa



Fonte: O Autor (2023)

#### POSTO 2 – Inserção.

O segundo posto de trabalho selecionado, realiza a atividade denominada “Inserção” onde a fibra óptica é inserida no “ferrolho” (parte interna do conector). (FIGURA 9)

Este posto de trabalho apresenta um baixo nível de complexidade, também considerado SIMPLES, apesar de apresentar atividades que exijam o uso de “regras”.

Todos os ciclos dessa atividade são realizados na posição sentada executando apenas movimentos sem utilização de força manual. Não existe movimentação de carga. O tempo de ciclo é maior que o posto anterior, porém existe repetibilidade dos movimentos. Exige certa habilidade manual e coordenação motora para execução.

Apresentou, pela avaliação ergonômica, escore EAWS de 22 pontos, considerada pelo método como ótima condição ergonômica.

FIGURA 9 – Atividade de Inserção



Fonte: O Autor (2023)

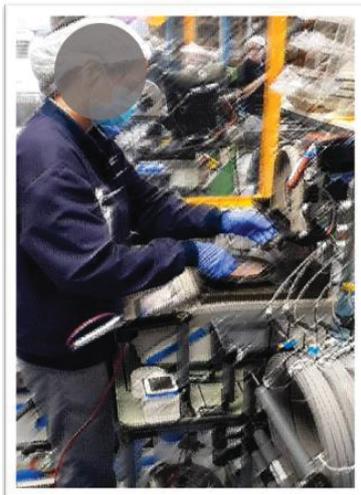
### POSTO 3 – Polimento.

O terceiro posto selecionado realiza a atividade denominada de “Polimento”, na qual o colaborador realiza uma série de procedimentos com um equipamento chamado “Politriz”, com o objetivo de realizar o acabamento fino da fibra óptica do conector e proporcionar assim ótima condutibilidade. (FIGURA 10)

Esta atividade é considerada COMPLEXA, em virtude da necessidade de memorização das diversas etapas do processo atendendo padrões de qualidade e especificações técnicas. Existe também a necessidade de realizar atividades com tomadas de decisão exigindo, portanto, certo nível concentração. Para realizar um ciclo completo o colaborador demora aproximadamente 9 minutos, com um ciclo considerado longo (542,2 segundos).

Apresenta score EAWS de avaliação ergonômica de 15,7 pontos, considerada como boa condição ergonômica. O colaborador trabalha em pé durante todo o processo e executa apenas movimentos sem utilização de força manual e com alguns pequenos deslocamentos durante a atividade.

FIGURA 10 – Atividade de Polimento



Fonte: O Autor (2023)

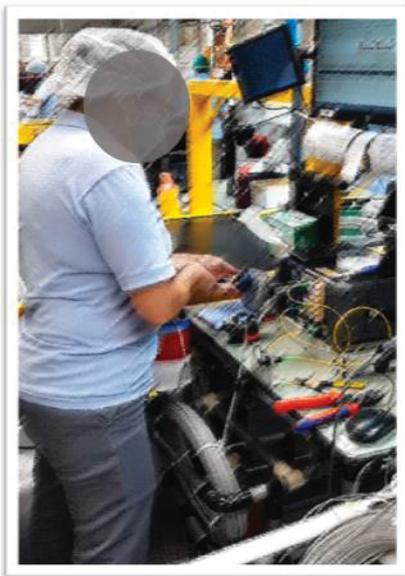
### POSTO 4 – Teste Óptico.

No quarto posto de trabalho selecionado o colaborador realiza a atividade denominada de Teste Óptico, que consiste na utilização de um equipamento de teste no qual os parâmetros de condutibilidade da fibra óptica são testadas. (FIGURA 11)

Esta atividade é considerada SEMI-COMPLEXA pois é necessário maior nível de conhecimento do processo adquirido para que algumas decisões sejam tomadas com assertividade.

Apresentou, pela avaliação ergonômica, a pontuação EAWS de 27,5 considerada também como boa condição ergonômica, porém é importante observar sua proximidade com a condição “moderada” demonstrando a necessidade de intervenções para melhorar as condições de trabalho. O colaborador trabalha em pé durante todo o processo e executa movimentos com certa utilização de força manual para movimentação dos cabos.

FIGURA 11 – Atividade de Teste Óptico



Fonte: O Autor (2023)

#### 4.7. AVALIAÇÃO DE CARGA MENTAL (NASA E SWAT)

Foi realizada a aplicação dos questionários NASA e SWAT para avaliação de carga mental, com 5 funcionários em diferentes em cada um dos postos de trabalho. A média dos resultados obtidos em cada posto de trabalho será detalhada na sequência (TABELA 6):

TABELA 6 – Resultados dos Questionários de Carga Mental (NASA e SWAT)

POSTO DE TRABALHO	RESULTADO SWAT	RESULTADO NASA
POSTO 1 - Pegar cabo da Caixa	11,99	16,26
POSTO 2 - Inserção	15,83	14,68
POSTO 3 - Polimento	15,76	15,86
POSTO 4 - Teste Óptico	16,08	16,93

Fonte: O Autor (2023)

#### POSTO 1 – Pegar o cabo da caixa.

Ao aplicar a matriz SWAT de carga mental o posto atingiu uma pontuação de 11,99 com a percepção do colaborador que os fatores; consequências para a saúde e ritmo do trabalho, são os que mais interferem em sua carga mental durante a atividade. Este foi o menor resultado encontrado entre os 4 postos avaliados.

Utilizando a Avaliação de carga Mental NASA obteve-se a classificação ponderada de 16,26 pontos. Com a classificação do colaborador de maior influência neste resultado a demanda física e em segundo a frustração, associada a baixa exigência de conhecimentos para executar a atividade. Contrariando o resultado da avaliação pela Matriz SWAT o resultado NASA encontrado aqui foi o segundo maior entre os postos avaliados.

#### POSTO 2 – Inserção

Utilizando a matriz SWAT de carga mental o posto atingiu uma pontuação de 15,83 com a percepção do colaborador que os fatores; organização temporal e demandas cognitivas e complexidade das tarefas, são os que mais interferem em sua carga mental durante a atividade. Este foi o segundo maior valor encontrado nos postos de trabalhos avaliados por este método.

Pela avaliação de carga Mental NASA obteve-se a classificação ponderada de 14,86 pontos. Com a classificação do colaborador de maior influência neste resultado primeiro foi o desempenho e em segundo a demanda mental, associada a concentração exigida para executar a atividade. Foi o menor valor encontrado entre os postos avaliados sugerindo menor estresse.

#### POSTO 3 – Polimento

Por meio da aplicação da matriz SWAT de carga mental o posto atingiu uma pontuação de 15,76 com a percepção do colaborador que os fatores; organização

temporal, ritmo do trabalho e características da tarefa, são os que mais interferem em sua carga mental durante a atividade.

Utilizando a Avaliação de carga Mental NASA obteve-se a classificação ponderada de 15,86 pontos. Com a classificação do colaborador de maior influência neste resultado o desempenho e em segundo a demanda de tempo, exigida para executar a atividade.

#### POSTO 4 – Teste Óptico

Ao aplicar a matriz SWAT de carga mental o posto atingiu uma pontuação de 16,08 com a percepção do colaborador que os fatores; demandas cognitivas e complexidade das tarefas, e consequências para a saúde, são os que mais interferem em sua carga mental durante a atividade.

Utilizando a Avaliação de carga Mental NASA obteve-se a classificação ponderada de 16,93 pontos. Com a classificação do colaborador de maior influência neste resultado a demanda mental e em segundo a demanda de tempo, exigida para executar a atividade.

Os resultados encontrados neste posto foram os maiores entre todos avaliados nos dois métodos, sugerindo aqui uma concordância.

#### 4.8. COLETA DOS NÍVEIS DE ESTRESSE COM O *SMARTWATCH*

Foram realizados ao todo 160 aferições com uso do *smartwatch*, 40 em cada um dos postos de trabalho selecionados. As aferições foram realizadas em diferentes horários e turnos durante vários dias com o objetivo de conseguir maior diversificação de colaboradores.

As colaboradoras também foram questionadas se estariam ou não em seu período pré-menstrual pois este fator poderia ter alguma influência sobre o nível de estresse encontrado. A correlação estatística dos dados avaliados não demonstra significância em relação a este fator específico e por este motivo não teve maior abordagem neste trabalho.

Os seguintes resultados foram obtidos em cada posto de trabalho (TABELA 7):

TABELA 7 – Média de Estresse X Média de Frequência Cardíaca

POSTO DE TRABALHO	MÉDIA ESTRESSE (SMARTWATCH)	MÉDIA FREQUÊNCIA CARDÍACA
POSTO 1 - Pegar cabo da Caixa	48,75	85,9
POSTO 2 - Inserção	45,60	80,9
POSTO 3 - Polimento	52,18	84,1
POSTO 4 - Teste Óptico	53,7	85,6

Fonte: O Autor (2023)

#### POSTO 1 – Pegar o cabo da caixa

A pontuação média aferida pelo monitoramento de estresse de 40 colaboradores, por meio de sensores de relógio inteligente, foi de 48,75 pontos, considerada dentro da normalidade segundo escala fornecida pelo fabricante. A média de frequência cardíaca foi de 85,93 bpm (batimentos por minuto).

#### POSTO 2 – Inserção

A pontuação média aferida pelo monitoramento de estresse foi de 45,6 pontos, considerada dentro da normalidade segundo escala fornecida pelo fabricante. Foi a menor média de nível de estresse entre os quatro postos utilizados neste estudo. A média de frequência cardíaca foi de 80,9 bpm (batimentos por minuto), menor encontrada entre os postos justamente pela atividade ser realizada em posição sentada e sem utilização de esforços físicos.

#### POSTO 3 – Polimento

A pontuação média aferida pelo monitoramento de estresse neste posto de trabalho foi de 52,18 pontos, também considerada dentro da normalidade segundo escala fornecida pelo fabricante. Este resultado é aproximadamente 13% maior do que a média das aferições no posto de Inserção, considerado com menor nível de estresse entre os quatro postos analisados. A média de frequência cardíaca foi de 84,1 bpm (batimentos por minuto).

#### POSTO 4 – Teste Óptico

A pontuação média aferida pelo monitoramento de estresse foi de 53,7 pontos, considerada dentro da normalidade segundo escala fornecida pelo

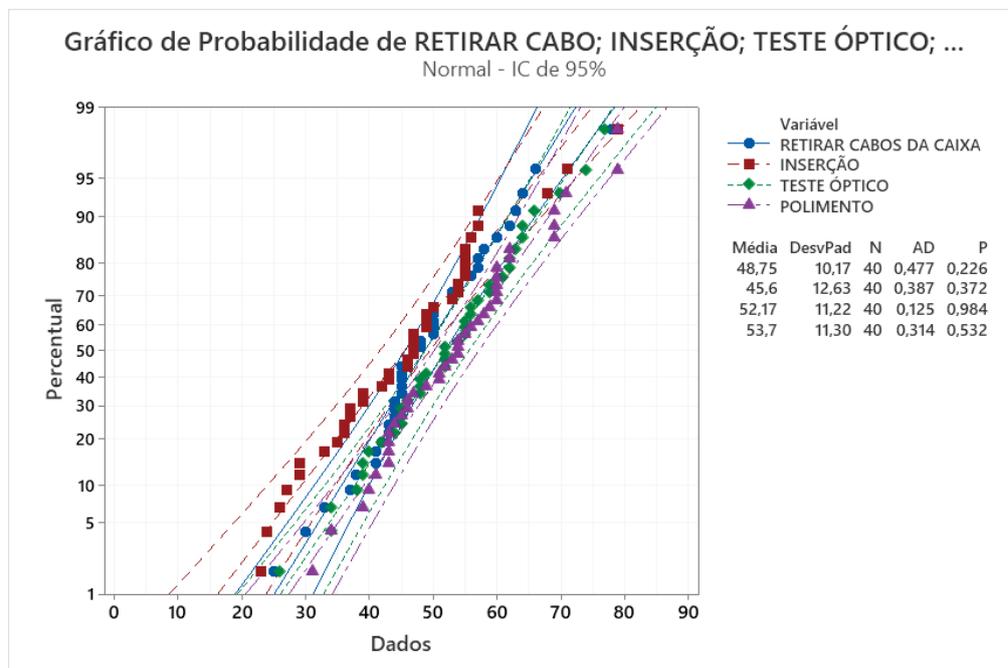
fabricante. Foi a maior média de nível de estresse encontrada entre os quatro postos de trabalho avaliados. Este resultado é 15% maior do que a média das aferições obtidas no posto de Inserção, considerado com menor nível de estresse entre os quatro postos analisados. A média de frequência cardíaca foi de 85,60 bpm (batimentos por minuto).

#### 4.9 ESTRATIFICAÇÃO DOS DADOS E CORRELAÇÕES ESTATÍSTICAS

Os resultados das análises estatísticas dos dados coletados pelo monitor de nível de estresse utilizado nessa pesquisa demonstraram, conforme o gráfico de probabilidade (GRÁFICO 1), que existe uma diferença nos níveis de estresse coletados em cada posto de trabalho.

Pode-se perceber, nos dados coletados, que quanto maior o nível de complexidade de um posto de trabalho, ou seja, de exigência mental, classificados como “Simples”, “Semi-Complexo” e “Complexo”, maior foi o nível médio de estresse aferido.

GRÁFICO 1 – Níveis De Estresse Por Posto De Trabalho



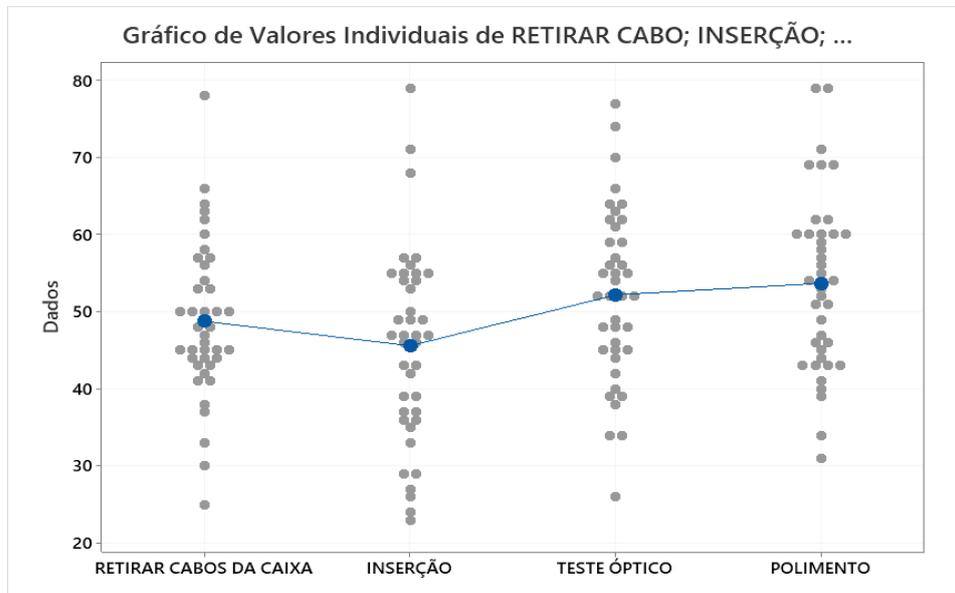
Fonte: O Autor (2023)

Analisando os dados de estresse no gráfico de probabilidade percebe-se que nos dos postos considerados de baixa complexidade, classificados como “Simples”

como o posto de “Retirar cabo da Caixa” e o de “Inserção”, o nível de estresse na atividade realizada sentada (Inserção), com menor exigência física, apresentou níveis de estresse menor do que a atividade realizada em pé e com maior exigência ergonômica.

Percebe-se que as médias de estresse aumentam em relação aos postos de “Teste Óptico” e de “Polimento”, que apresentam maior nível de complexidade. (GRÁFICO 2)

GRÁFICO 2 – Valores De Estresse Por Posto De Trabalho



Fonte: O Autor (2023)

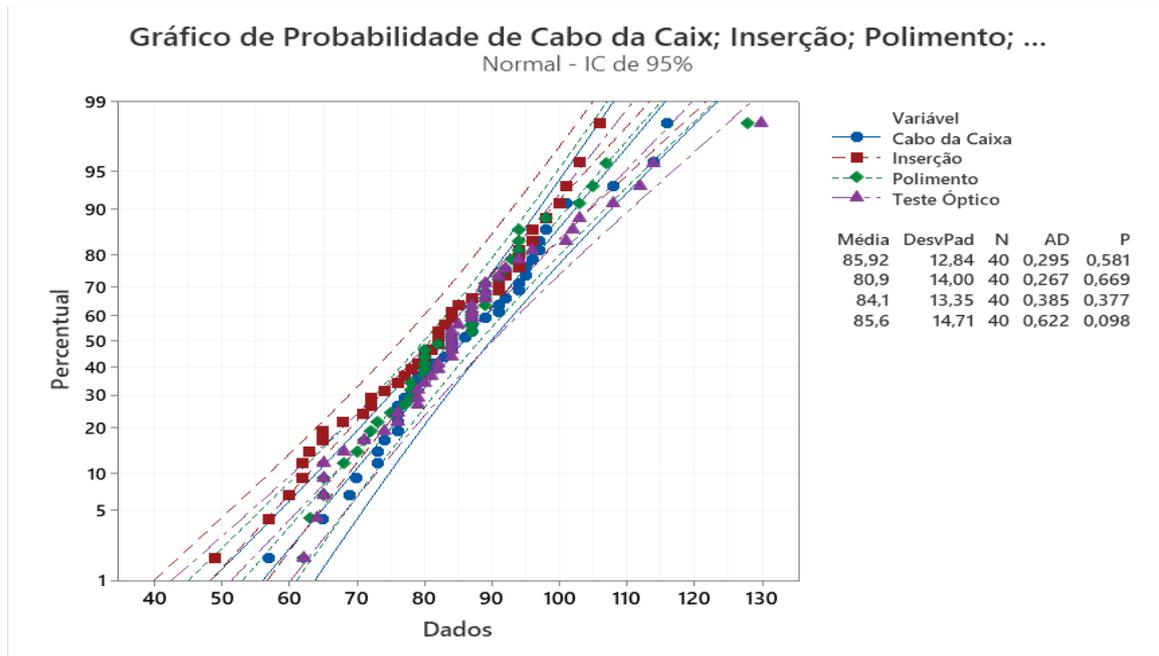
A diferença obtida, das médias dos níveis de estresse encontrados, entre os postos com maior complexidade, neste caso o posto de trabalho denominado “Teste Óptico” e o de menor complexidade “Pegar o cabo da Caixa” foi de 10%. A diferença em relação ao segundo posto considerado menos complexo, o posto de “Inserção”, foi de 15%. Essa tendência apresentada nos dados demonstra que a exigência mental de uma atividade pode estar relacionada com o nível de estresse apresentado pelos operadores.

#### 4.10. SEÇÃO SECUNDÁRIA DOS RESULTADOS

Os demais sinais vitais aferidos no dispositivo tiveram variações pouco significativas, mas dão sinais claros de que a exigência física, como esperado, eleva a frequência cardíaca. (GRÁFICO 3)

As correlações dos dados de Saturação de Oxigênio e Taxa de Respiração não obtiveram dados significativos em comparação entre os postos de trabalho avaliados.

GRÁFICO 3 – Níveis De Frequência Cardíaca Por Posto De Trabalho



Fonte: O Autor (2023)

Como a população avaliada foi exclusivamente feminina surgiu a hipótese de que o período menstrual e suas variações hormonais poderiam estar relacionados com os níveis de estresse. Por este motivo, todas as participantes foram questionadas se estariam em seu período pré-menstrual. Esses dados não apresentaram correlação estatística significativa e, portanto, não tiveram maior aprofundamento neste trabalho. Das 160 aferições realizadas apenas 31 se encontravam em períodos pré-menstruais e destes a média foi menor do que a encontrada em toda a amostra demonstrando que este fator não parece ter influência direta quanto ao estresse no trabalho.

## 5 CONCLUSÕES FINAIS

Ao desenvolver e aplicar o método para avaliação de nível de estresse de montadores industriais por meio de dispositivos vestíveis, o primeiro objetivo específico deste trabalho foi atingido e poderá ser replicado para pesquisas futuras.

A metodologia desenvolvida por Rasmussen para classificar a complexidade das atividades foi importante para quantificar os níveis de complexidade dos postos de trabalho de uma linha de montagem. Este passo foi importante para identificar qual seria a exigência mental para que os colaboradores executassem as atividades em cada posto de trabalho. Foi, portanto, possível atingir o segundo objetivo específico proposto neste trabalho.

Utilizando o método MTM para descrição e determinação de tempo das atividades, pôde-se utilizar a metodologia EAWS e realizar as análises ergonômicas quantitativas identificando dessa forma as exigências físicas de cada posto de trabalho. Estes passos possibilitaram também correlacionar as sobrecargas físicas com os dados de estresse.

Ao quantificar o nível de estresse dos colaboradores nos postos de trabalho, durante a jornada e em tempo real, utilizando um relógio inteligente com sensores de dados vitais foi possível atingir o terceiro objetivo específico determinando quantitativamente os níveis de estresse dos trabalhadores durante suas atividades específicas.

Executando cada etapa descrita acima foi possível correlacionar estatisticamente os dados dos níveis de complexidade das atividades, das exigências físicas e das exigências mentais para realização dos processos de montagem dos conectores de fibra óptica. Ao utilizar as avaliações pelos questionários NASA e SWAT de carga de mental no trabalho pôde-se comparar com os dados coletados pelos sensores do relógio inteligente e assim atingir o quarto objetivo específico deste trabalho.

Observou-se, após apresentação dos resultados, que a metodologia proposta neste estudo para correlacionar os níveis de complexidade das atividades e suas possíveis relações com a exigência mental apresentou-se de certa forma eficaz, com certa proximidade aos dados das avaliações subjetivas padrão ouro, porém com a replicação do método, esses dados poderão ser mais bem avaliados. Demonstrou-se também, que a tecnologia de sensores presentes nos relógios inteligentes para

monitoramento individual dos dados de saúde pode se tornar um aliado aos pesquisadores para identificar os níveis de estresse no trabalho ou em outras situações de exigência mental.

A utilização conjunta de métodos quantitativos para avaliação de níveis de complexidade das atividades, de análise ergonômica e de níveis de estresse apresentaram dados mais fidedignos para cruzamento estatístico de dados.

Com base nos resultados obtidos, da correlação dos dados aferidos nos postos de trabalho durante as atividades com a complexidade destas e a exigência física (ergonômica), pode-se perceber uma relação de influência direta. O nível de exigência para realização das atividades, baseadas em habilidades, regras e conhecimento, principalmente as que se relacionam com a tomada de decisão, tem relação com os níveis de estresse dos colaboradores e podem assim afetar diretamente sua saúde mental.

Pode-se concluir, portanto, que ao diminuir as exigências de decisão e raciocínio durante as atividades solicitadas a empresa poderá promover uma redução dos possíveis níveis de estresse de seus colaboradores, porém o fator importante relacionado a frustração no trabalho, que é avaliado pelo questionário NASA-TLX, pode interferir negativamente neste processo.

O método aqui proposto poderá ser utilizado para avaliar a eficácia de uma abordagem de alternância de atividades, como por exemplo o rodízio, que pode ter um impacto positivo não somente para minimizar sobrecargas físicas como também para reduzir os níveis de estresse mental no trabalho.

## 5.1. PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

A possibilidade de estudos relacionados ao entendimento das influências da carga de trabalho no estresse mental dos colaboradores é muito ampla. O desenvolvimento desse trabalho proporcionou informações importantes para integração de assuntos relacionados as diversas áreas de conhecimento.

Com base nas informações obtidas no desenvolvimento do método aqui proposto observa-se a possibilidade de utilizar, principalmente, a classificação de complexidade das atividades para associar a exigência mental na pontuação de risco de uma avaliação ergonômica. Ou seja, percebe-se a possibilidade de desenvolver

uma nova metodologia de avaliação ergonômica que também pontue, além das condições físicas do trabalho, a exigência mental.

Este trabalho possibilita também, a realização de estudos, tentando observar e avaliar a utilização de equipamentos com tecnologia de inteligência artificial e aprendizagem profunda (*Deep Learning*) podem contribuir para a redução de estresse mental nos colaboradores de linhas de montagem.

O método proposto e utilizado neste trabalho poderá servir como parâmetro de medição da eficiência desses equipamentos nas linhas de montagem em relação a saúde mental dos colaboradores.

Outra proposta de estudo está relacionada a observação comparativa entre os métodos de avaliação de níveis de estresse, como por exemplo, os equipamentos vestíveis que utilizam os sensores eletrodérmicos. O mesmo método aqui proposto poderá ser utilizado para estruturação de pesquisa e comparação entre duas ou mais tecnologias de medição de níveis de estresse.

Existe também a possibilidade da realização de pesquisas comparando o efeito da carga de trabalho nos níveis de estresse em diferentes linhas de montagem e processos de produção utilizando o método proposto neste trabalho. O uso de parâmetros de produtividade para comparação entre postos com diferentes níveis de complexidade poderá demonstrar sua influência nesses resultados e apontar para possíveis melhorias futuras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLÄSING, D. & BORNEWASSER, M. Influence of Increasing Task Complexity and use of Informational Assistance Systems on Mental Workload. *Brain Sciences* 11, 102., 2021.
- BUSOGI, M. & KIM, N. Analytical Modeling of Human Choice Complexity in a Mixed Model Assembly Line Using Machine Learning-Based Human in the Loop Simulation. *IEEE Access* 10.1109/ACCESS, 2017.
- CAN, Y. S., CHALABIANLOO, N., EKIZ, D., ERSOY, C. Continuous Stress Detection Using Wearable Sensors in Real Life: Algorithmic Programming Contest Case Study. Turkey, 2019.
- CAN, Y. S., ILES-SMITH, H., CHALABIANLOO, N., EKIZ, D., FERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, J., REPETTO, C., RIVA, G., ERSOY, C. How to Relax in Stressful Situations: A Smart Stress Reduction System. Turkey, 2020.
- CARDOSO, M. de S. & GONTIJO, L. A. Avaliação da carga mental de trabalho e do desempenho de medidas de mensuração: NASA TLX e SWAT. *Gest. Prod.* V. 19, n.4, 2012.
- CHALMERS, T., HICKEY, A. B., NEWTON, P., LIN, C., SIBBRITT, D., MCLACHLAN, C. S., CLIFTON-BLIGH, R., MORLEY, J., LAL, S. StressWatch: The Use of Heart Rate and Heart Rate Variability to Detect Stress: A Pilot Study Using SmartWatch Wearables. Australia, 2021.
- CHEN, Y., FANG, W., GUO, B., BAO, H. The moderation effects of task attributes and mental fatigue on post-interruption task performance in a concurrent multitasking environment. Beijing, China, 2022.
- CONFORTO, C. Edivandro; AMARAL, C. Daniel; da SILVA L. Sérgio. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. Porto Alegre, 2011.
- HANTONO, S. B., NUGROHO, E. L., SANTOSA, I. P. Mental Stress Detection via Heart Rate Variability using Machine Learning. Indonésia, 2020.
- IMD, International MTM Directorate; AMI - Associazione MTM Itália; IAD - Darmstadt University of Technology. Ergonomics Assembly Work-sheet User Manual EAWS\_1.3.2CENG\_PM.v08.09B.doc. 2009.
- IQBAL, T., SIMPKIN, A. J., ROSHAN, D., GLYNN, N., KILLILEA, J. WALSH, J., MOLLOY, G., GANLY, S., RYMAN, H., COEN, E., ELAHI, A., WIJNS, W., SHAHZAD, A. Stress Monitoring Using Wearable Sensors: A Pilot Study and Stress-Predict Dataset. Ireland, 2022.
- LEVY, Y.; ELLIS, T.J. A system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. *Informing Science Journal*, v.9, p.181-212, 2006.
- MARTINS, Arilson da Silva.; MEJA, Dayana Priscila Maia. Ergonomia – carga cognitiva: modelo SRK de Rasmussen. Goiânia, 2017
- MUÑOZ, E. L. G. & MARTÍNEZ, R. E. G. La Carga de Trabajo Mental Como Factor de Riesgo de Estrés En Trabajadores De La Industria Electrónica. *Revista Latinoamericana de Psicología*, VOL 38, nº 2, 2006.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION – NASA. Manual do NASA-TLX. NASA Ames Research. Califórnia, USA, 1986.

NUNES, Marcelo; GIRAFFA, Lúcia. A educação na ecologia digital. PPGCC/FACIN, PUCRS, 2003.

KARASEK, R. & THEORELL, T. Healthy work. Stress, productivity, and reconstruction of working life. New York: Basic Books, 1990.

LIMA, Sérgio Luis dos Santos. Dissertação de Mestrado: Ergonomia Cognitiva e a Interação Pessoa-Computador: Análise da Usabilidade da Urna Eletrônica 2002 e do Módulo Impressor Externo. Florianópolis, 2003.

ORMAZA, Zambrano, Zamora, Parra & Feliz, Carga mental de profesores de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Ingeniería Industrial Vol XL, 2019.

PELLEGRINI, A. L.; FERNENDES, S. R. P; GOMES, A. F. Estresse e Fatores Psicossociais. Salvador, Bahia, Brasil, 2010.

RASMUSSEN, Jens. Risk Management in a Dynamic Society: A Modelling Problem. Denmark, 1997.

REID, GARY B.; NYGREN, THOMAS E. The Subjective Workload Assessment Technique (SWAT): A Scaling Procedure for Measuring Mental Workload. 1988.

RITSERT, F.; ELGENDI, M.; GALLI, V.; MENON, C. Heart and Breathing Rate Variations as Biomarkers for Anxiety Detection. Basel, Switzerland, 2022.

UMAIR, M., CHALABIANLOO, N., SAS, C., ERSOY, C. A. HRV and Stress: A Mixed-Methods Approach for Comparison of Wearable Heart Rate Sensors for Biofeedback. IEEE Access, 2021.

WILLIAMS, Álvarez Aranguren. Carga mental en el trabajo. Sapienza Organizacional, 1(1), 2014.

ZHU X., HU S. J, KOREN Y. and MARIN S. P., Modeling of manufacturing complexity in mixed-model assembly lines, J. Manuf. Sci. Eng., vol. 130, 2008.

ZHU X., Modeling product variety induced manufacturing complexity for assembly system design, Ph.D. dissertation, Dept. Mech. Eng., Univ. Michigan, Ann Arbor, MI, USA, 2009.

MTM ASSOCIATION e. V., MTM-Institut, MTM-1 Manual, 2020.

AMAZFIT. Manual do Produto - Amazfit GTR 3 Pro, <https://amazfit-support.cdn.bcebos.com/uploads/doc/20211118/163722219555.pdf> 2022.

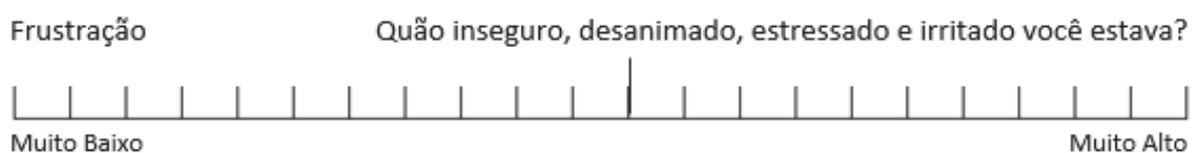
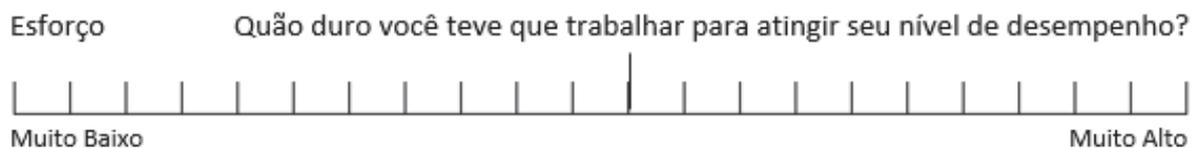
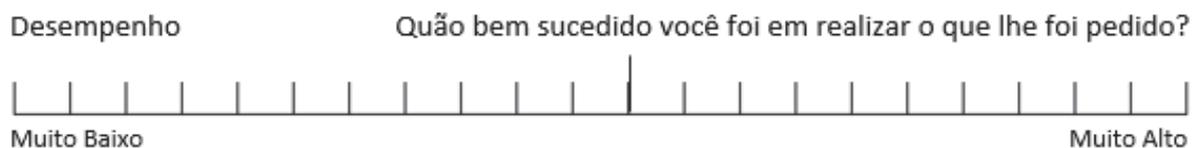
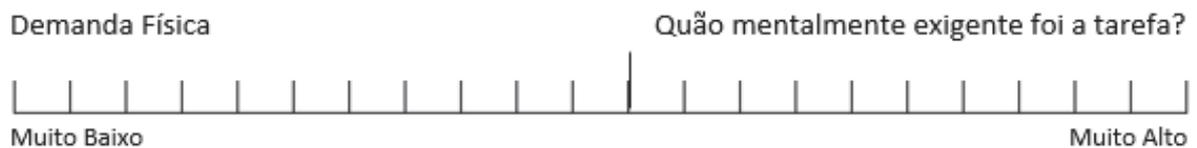
## ANEXOS

## ANEXO 1 – MODELO DO QUESTIONÁRIO NASA

**NASA Task Load Index**

O método NASA Task Load Index (TLX) de Hart e Staveland avalia a carga de trabalho em cinco escalas de 7 pontos. Apontamentos de estimativas altas, médias e baixas para cada ponto resultam em 21 graduações nas escalas.

Nome	Posto de Trabalho	Data
------	-------------------	------



## ANEXO 2 – MODELO DE CARTÕES PARA DEFINIÇÃO DE PESOS - NASA

**Cartões de comparação de fontes de carga de trabalho**

Esforço ou Desempenho	Demanda de Tempo ou Frustração	Demanda Mental ou Demanda Física
Demanda de Tempo ou Esforço	Demanda Física ou Frustração	Frustração ou Demanda Mental
Desempenho ou Frustração	Demanda Física ou Demanda de Tempo	Esforço ou Demanda Física
Demanda Física ou Desempenho	Demanda de Tempo ou Demanda Mental	
Frustração ou Esforço	Desempenho ou Demanda Mental	
Desempenho ou Demanda de Tempo	Demanda Mental ou Esforço	

## ANEXO 3 – MODELO PONTUAÇÃO - NASA

## PONTUAÇÃO DOS PESOS DOS FATORES

Registro de Colaborador: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

FOLHA DE CONTAGEM DAS FONTES DE TRABALHO		
<i>Título da Escala</i>	<i>Contagem</i>	<i>Peso</i>
DEMANDA MENTAL		
DEMANDA FÍSICA		
DAMADA DE TEMPO		
DESEMPENHO		
ESFORÇO		
FRUSTRAÇÃO		

Contagem Total =

\_\_\_\_\_

NOTA - A contagem total é incluída como checagem. Se a contagem total não for igual a 15 algo foi contado incorretamente. Além disso, nenhum peso pode ter um valor maior que 5.

## ANEXO 4 – MODELO CLASSIFICAÇÃO PONDERADA- NASA

## PONTUAÇÃO PONDERADA DOS RESULTADOS

Registro de Colaborador: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

FOLHA DE CLASSIFICAÇÃO PONDERADA			
<i>Título da Escala</i>	<i>Peso</i>	<i>Classificação Ponderada</i>	<i>Ajuste (Peso x Classificação)</i>
DEMANDA MENTAL			
DEMANDA FÍSICA			
DAMADA DE TEMPO			
DESEMPENHO			
ESFORÇO			
FRUSTRAÇÃO			

Soma dos Colunas "Pesos Ajustados" = \_\_\_\_\_

CLASSIFICAÇÃO  
PONDERADA =

## ANEXO 5 – MODELO MATRIZ SWAT

**MATRIZ SWAT – CARGA MENTAL**

FATORES E ITENS	ESCALA LIKERT				
<b>FATOR 1. DEMANAS COGNITIVAS E COMPLEXIDADE DAS TAREFAS</b>					
1. O nível de esforço ou concentração mental que meu trabalho requer é	1	2	3	4	5
2. A quantidade de memorização de informações e materiais que meu trabalho requer é	1	2	3	4	5
3. O grau de complexidade da informação que devo usar no meu trabalho é	1	2	3	4	5
4. O nível de esforço mental necessário para evitar erros no meu trabalho é	1	2	3	4	5
5. O nível de ambiguidade das decisões a tomar no meu trabalho é	1	2	3	4	5
6. Normalmente, no meu local de trabalho, o número de decisões que devo tomar é	1	2	3	4	5
<b>FATOR 2. CONSEQUÊNCIAS PARA A SAÚDE</b>					
7. No final do dia de trabalho me sinto exausto	1	2	3	4	5
8. Eu me sinto exausto quando me levanto de manhã e tenho que enfrentar outro dia de trabalho	1	2	3	4	5
9. O cansaço que meu trabalho produz é	1	2	3	4	5
10. Eu tenho dificuldades para relaxar depois do trabalho	1	2	3	4	5
<b>FATOR 3. CARACTERÍSTICAS DA TAREFA</b>					
11. O número de interrupções (telefonemas, atendimento ao público, outros colegas solicitando informações, etc.) durante a execução do meu trabalho é	1	2	3	4	5
12. A quantidade de dificuldades que ocorrem quando novos procedimentos de trabalho ou programas de computador são introduzidos é	1	2	3	4	5
13. No meu trabalho, eu tenho que fazer mais de uma tarefa de cada vez	1	2	3	4	5
14. As tarefas que realizo no meu trabalho exigem uma alta concentração devido à quantidade de distração ou ruído de fundo	1	2	3	4	5
<b>FATOR 4. ORGANIZAÇÃO TEMPORAL</b>					
15. O tempo atribuído a cada uma das tarefas que faço é	1	2	3	4	5
16. O tempo que tenho para fazer o meu trabalho é	1	2	3	4	5
17. O tempo que tenho para tomar as decisões exigidas pelo meu trabalho é	1	2	3	4	5
<b>FATOR 5. RITMO DE TRABALHO</b>					
18. É possível variar o meu ritmo de trabalho sem atrapalhar o desempenho do meu departamento	1	2	3	4	5
19. Além dos intervalos regulares, o trabalho permite que eu faça pausas quando precisar	1	2	3	4	5
20. No meu trabalho, posso cometer algum erro sem ter um impacto crítico nos resultados do trabalho	1	2	3	4	5

## ANEXO 6 – EXEMPLO DA DESCRIÇÃO MTM NO SOFTWARE MTM TiCon4

No.	Description	Q x F	Code	tg	Code	Q x F	Description	Time deter...	Value added	Picture	Document 1
1	Levantar da Cadeira (a cada 80 cabos testados)			0.020	STD	0.0125 * 1.0		Rinht			
2	Flexionar coluna			0.013	B	0.0125 * 1.0		Rinht			
3	Alcançar caixa cheia cabos testados	1 * 1.0	R70B	0.868	R70B	0.0125 * 1.0		Roth			
4	Pegar caixa cheia	1 * 1.0	G1A	0.072	G1A	0.0125 * 1.0		Roth			
5	Mover caixa para o corpo	1 * 1.0	M70A	0.907	M70A	0.0125 * 1.0		Roth			
6	Voltar a coluna			0.014	AB	0.0125 * 1.0		Rinht			
7	Andar para bancada de embalagem			0.041	W6P	0.0125 * 1.0		Rinht			
8	Mover caixa para bancada	1 * 1.0	M70B	0.821	M70B	0.0125 * 1.0		Roth			
9	Move para posicionar caixa na bancada	1 * 1.0	M30B	0.479	M30B	0.0125 * 1.0		Roth			
10	Soltar caixa	1 * 1.0	RL1	0.072	RL1	0.0125 * 1.0		Roth			
11	Andar até caixas com cabos para teste			0.054	W8P	0.0125 * 1.0		Rinht			
12	Flexionar coluna			0.013	B	0.0125 * 1.0		Rinht			
13	Alcançar caixa cheia	1 * 1.0	R70B	0.868	R70B	0.0125 * 1.0		Roth			
14	Pegar caixa cheia	1 * 1.0	G1A	0.072	G1A	0.0125 * 1.0		Roth			
15	Mover caixa para o corpo	1 * 1.0	M70A	0.907	M70A	0.0125 * 1.0		Roth			
16	Voltar a coluna			0.014	AB	0.0125 * 1.0		Rinht			
17	Andar voltando para bancada			0.041	W6P	0.0125 * 1.0		Rinht			
18	Mover caixa para banco ao lado da bancada	1 * 1.0	M70B	0.821	M70B	0.0125 * 1.0		Roth			
19	Move para posicionar caixa no banco	1 * 1.0	M30B	0.479	M30B	0.0125 * 1.0		Roth			
20	Soltar caixa	1 * 1.0	RL1	0.072	RL1	0.0125 * 1.0		Roth			
21				0.763	R60B	1 * 1.0	Alcançar cabo (80 x a cada 80 cabos)	Rinht			
22				0.072	G1A	1 * 1.0	Pegar cabo (80 x a cada 80 cabos)	Rinht			
23				0.796	M60A	1 * 1.0	Mover cabo para o braço Esquerdo (80 x a cada 80)	Rinht			
24				0.072	RL1	1 * 1.0	Soltar cabo no braço E (80 x a cada 80 cabos)	Rinht			
25	Passo lateral (8x)			0.108	W2P	1 * 0.1		Rinht			
26	Mover cabos que estão no Braço esquerdo para bancada	1 * 0.05	M70B	0.041				Left			
27	Movimentos para posicionar a pilha de 20 cabos (4 mov - 4x)	4 * 0.05	M70A	0.181				Left			
28	Soltar cabos (4 pilhas)	2 * 0.05	RL1	0.007				Left			
29	Sentar na cadeira			0.016	SIT	0.0125 * 1.0		Rinht			
30	Alcançar cabo na bancada	1 * 1.0	R60B	0.763				Left			
Σ				27.771							

## ANEXO 7 – EXEMPLO DA ANÁLISE ERGONÔMICA EAWS NO SOFTWARE MTM TiCon4

No.	Description	Assigned	pe. dL.	Durat.	Number	Frequency	Total time	Body posture	Trunk angle of asymmetry	Trunk incline	Wh. body force	Active hand	Mode of grasping	Far arms	Finger forces	Arm force	LL	L.	Manual material handling	Com
1	Levantar da cadeira <->	STD	0.250	1	1.0	1.0	0.250					Right hand								
2	Andar até carrinho <->	W3P	0.259	1	1.0	1.0	0.259					Right hand								
3	Alcançar carrinho <->	R50B <-> R50B	0.106	1	1.0	1.0	0.106					Both hands together								
4	Pegar carrinho <->	G1A <-> G1A	0.012	1	1.0	1.0	0.012					Both hands together								
5	Andar empunhando carrinho para bancada <->	W3PO	0.294	1	1.0	1.0	0.294					Both hands together			4 N					
6	Soltar carrinho <->	RL1 <-> RL1	0.012	1	1.0	1.0	0.012					Both hands together								
7	Sentar na cadeira <->	SIT	0.200	1	1.0	1.0	0.200					Right hand								
8	Alcançar cabo ao lado do carrinho <->	R70B	0.868	1	1.0	1.0	0.868					Left hand								
9	Pegar cabo <->	G1A	0.072	1	1.0	1.0	0.072					Left hand								
10	Mover ponta do cabo para bancada <->	M70B	0.821	1	1.0	1.0	0.821					Right hand								
11	Alcançar mão D para o algodão <->	R35A	0.374	1	1.0	1.0	0.374					Right hand								
12	Pegar algodão <->	G1A	0.072	1	1.0	1.0	0.072					Right hand								
13	Mover algodão até outra mão na ponta da fibra <->	M20C	1.264	1	1.0	1.0	1.264					Right hand								
14	Posicionar algodão na fibra <->	PNSD	1.728	1	1.0	1.0	1.728					Right hand								

## ANEXO 8 – EXEMPLO DO RESULTADO EAWS NO SOFTWARE MTM TiCon4

The work content of one operator lasting 38.49 s has been analyzed. EAWS method in version E 1.3.6 2021-03-30 was used for analyzing.

Evaluation													
<b>Whole body</b>													
	<table border="0"> <tr> <td>Posture</td> <td>4.0 Points</td> </tr> <tr> <td>+ Forces</td> <td>0.0 Points</td> </tr> <tr> <td>+ Manual material handling</td> <td>19.5 Points</td> </tr> <tr> <td>+ Extra points</td> <td>0.0 Points</td> </tr> <tr> <td><b>Total points</b></td> <td><b>20.0 Points</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><small>*Total points reduced according to rule G8.</small></td> </tr> </table>	Posture	4.0 Points	+ Forces	0.0 Points	+ Manual material handling	19.5 Points	+ Extra points	0.0 Points	<b>Total points</b>	<b>20.0 Points</b>	<small>*Total points reduced according to rule G8.</small>	
Posture	4.0 Points												
+ Forces	0.0 Points												
+ Manual material handling	19.5 Points												
+ Extra points	0.0 Points												
<b>Total points</b>	<b>20.0 Points</b>												
<small>*Total points reduced according to rule G8.</small>													
<b>Upper limbs</b>													
	<table border="0"> <tr> <td>Task</td> <td>0.2 Points</td> </tr> <tr> <td>+ Hand/Arm/Shoulder</td> <td>0.0 Points</td> </tr> <tr> <td>+ Further factors</td> <td>0.0 Points</td> </tr> <tr> <td>* Duration</td> <td>6.7 Points</td> </tr> <tr> <td><b>Total points</b></td> <td><b>1.5 Points</b></td> </tr> </table>	Task	0.2 Points	+ Hand/Arm/Shoulder	0.0 Points	+ Further factors	0.0 Points	* Duration	6.7 Points	<b>Total points</b>	<b>1.5 Points</b>		
Task	0.2 Points												
+ Hand/Arm/Shoulder	0.0 Points												
+ Further factors	0.0 Points												
* Duration	6.7 Points												
<b>Total points</b>	<b>1.5 Points</b>												
<b>Body postures (4.0 points)</b>													
	upright with backrest, slightly bent forward/backward	EAWS row 7	30.1 s	1.8 Points									
<b>Sums</b>													
	Sum (static)		30.1 s	1.8 Points									
	Sum (not calculated, load/not static)		0.9 s	0 Points									
	Balancing difference		7.5 s	0.2 Points									
	Sum (total)		38.5 s	2.0 Points									

## ANEXO 9 – PONTUAÇÃO DE COMPLEXIDADE DAS ATIVIDADES

<b>Posto: Cabo da Caixa</b>		
DESCRIÇÃO DAS SUB-ATIVIDADES	EXIGÊNCIA COGNITIVA	PONTUAÇÃO
1 - Pegar cabo da Caixa e Colocar no Carrinho	HABILIDADE	1
2 - Posicionar Abraçadeira	HABILIDADE	1
3 - Posicionar Etiquetas de Cor do Lote	HABILIDADE	1
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>

<b>Posto: Inserção</b>		
DESCRIÇÃO DAS SUB-ATIVIDADES	EXIGÊNCIA COGNITIVA	PONTUAÇÃO
1 - Pegar o cabo	HABILIDADE	1
2 - Limpeza da Fibra	HABILIDADE	1
3 - Inserir conector na fibra	HABILIDADE + REGRA	3
4 - Prensar anel de Crimpagem	HABILIDADE	1
5 - Conferir Crimpagem	REGRA	2
6 - Mover carrinhos a cada 6 peças	HABILIDADE	1
<b>TOTAL</b>		<b>9</b>

<b>Posto: Polimento</b>		
DESCRIÇÃO DAS SUB-ATIVIDADES	EXIGÊNCIA COGNITIVA	PONTUAÇÃO
1 - Buscar o carrinho 2X	HABILIDADE	1
2 - Retirar Protetor da Fibra dos Conectores	HABILIDADE	1
3 - Clivar Fibra	HABILIDADE	1
4 - Testar a mola do conector	HABILIDADE	1
5 - Encaixar conectores na Politriz (6 de cada lado)	HABILIDADE	1
6 - Preparar e usar 1º Lixa (Manual)	HABILIDADE + REGRA	3
7 - Preparar para Utilizar 2º Lixa	HABILIDADE + REGRA	3
8 - Utilizar 2º lixa na Politriz	HABILIDADE	1
9 - Retirada da Lixa	HABILIDADE	1
10 - Preparar para utilizar 3º Lixa	HABILIDADE + REGRA	3
11 - Utilizar 3º Lixa na Politriz	HABILIDADE	1
12 - Retirada da Lixa	HABILIDADE	1
13 - Preparar para utilizar 4º Lixa	HABILIDADE + REGRA	3
14 - Utilizar 4º Lixa na Politriz	HABILIDADE	1
15 - Retirada dos Conectores	HABILIDADE	1
<b>TOTAL</b>		<b>23</b>

<b>Posto: Teste Óptico</b>		
DESCRIÇÃO DAS SUB-ATIVIDADES	EXIGÊNCIA COGNITIVA	PONTUAÇÃO
1 - Buscar carrinho (1 vez a cada 12)	HABILIDADE	1
2 - Preparar o cabo para o teste (clivagem)	HABILIDADE	1
3 - Posicionar conector na máquina de teste VISUAL	HABILIDADE + REGRA	3
4 - Limpar a ponta da fibra	HABILIDADE	1
5- Testar cabo Padrão	HABILIDADE + REGRA	3
6 - Iniciar teste óptico	HABILIDADE + REGRA	3
7 - Analisar resultados e Decidir o que Fazer com o Cabo	CONHECIMENTO	3
8 - Retirada do Cabo do Equipamento	HABILIDADE	1
9 - Mover Cabo para Esteira	HABILIDADE	1
<b>TOTAL</b>		<b>17</b>

**ANEXO 10 – AUTORIZAÇÃO DE COLETA DE DADOS****AUTORIZAÇÃO DE COLETA DE DADOS PARA PESQUISA CIENTÍFICA  
TERMO DE CONSETIMENTO LIVRE, APÓS ESCLARECIMENTO.**

Declaro que li e/ou ouvi com esclarecimentos desta pesquisa e compreendi para que sirva o estudo e qual a sua finalidade. A explicação que recebi esclarece os propósitos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão e que isso não afetará o estudo. Sei que meu CPF não será divulgado e nem usado para outros fins. Que meus dados serão somente utilizados para fins de pesquisa e estatística. Também não terei despesas e não receberei recursos financeiros para participar deste estudo. Ciente de tais esclarecimentos, concordo em participar do estudo e assino ao lado dos dados coletados e anexo.

Curitiba, Agosto de 202<sup>2</sup>

## ANEXO 11 – COLETA DE DADOS POSTO 01 – PEGAR CABOS DA CAIXA

A fim de colaborar com a pesquisa científica procurando melhorar as condições de trabalho o colaborador aceita participar de forma voluntária e assina em concordância com a coleta das informações sobre saúde ao lado do número de seu CPF.

POSTO	Tempo de Ciclo	NÍVEL DE COMPLEXIDADE	ESCORE DE COMPLEXIDADE	ESCORE EAWS (ERGONOMIA)
PEGAR CABO NA CAIXA	19,5s	SIMPLES	3	42

Nº DA AFERIÇÃO	CPF COLABORADOR	ASSINATURA DO COLABORADOR	HORÁRIO DE AFERIÇÃO	TEMPO NO POSTO	PERÍODO PRÉ-MENSTRUAL (SIM/NÃO)	FC	NÍVEL DE ESTRESSE	OXIGÊNIO NO SANGUE	TAXA DE RESPIRAÇÃO
1	07016447002	x Gabriel	10:58	1h30	NÃO	87	43	97%	17
2	00940190066	x D.	13:58	6h	NÃO	84	45	98%	15
3	04096792026	x Longana	14:02	6h	NÃO	76	45	93%	18
4	00021962044	x Romulo	09:38	1h10	NÃO	65	58	96%	17
5	01160175000	x Sulei	13:29	30min	SIM	91	46	96%	15
6	02011528030	x Adair	15:20	30m	NÃO	94	37	99%	15
7	10755700000	x Inara	09:53	1h	NÃO	87	57	95%	17
8	05060000000	x Ana S	09:56	55min	NÃO	89	41	94%	16
9	00940190066	x D.	09:59	56min	NÃO	81	38	93%	17
10	03321100000	x Valécia	10:01	1h	NÃO	97	60	99%	18
11	08496011000	x Romulo	14:08	2h	NÃO	73	50	99%	11
12	04991100000	x S.	15:16	30min	NÃO	114	78	99%	15
13	03321100000	x Valécia	10:20	30	NÃO	91	64	99%	19
14	05060000000	x Ana S	10:22	1h	NÃO	96	57	97%	18
15	00940190066	x Inara	10:25	1h	NÃO	77	53	99%	15
16	02011528030	x Romulo	13:19	1h30	NÃO	76	63	96%	18
17	00940190066	x D.	13:22	40min	NÃO	74	45	89%	18
18	04910000000	x Romulo	15:02	30min	SIM	116	50	99%	14
19	03000000000	x Inara	15:05	30min	NÃO	95	43	97%	16
20	03140000000	x D.	16:21	30min	NÃO	76	54	99%	18
21	04190000000	x D.	09:37	1h	NÃO	92	33	99%	17
22	04600000000	x D.	09:39	37min	NÃO	94	44	99%	14
23	03270000000	x Simone	09:42	30min	SIM	57	44	99%	16
24	02790000000	x Simone	09:46	1h10min	NÃO	98	62	95%	16
25	33310000000	x Luana	09:48	20m	SIM	69	30	99%	17
26	02400000000	x Inara	15:42	1h	NÃO	73	25	98%	15
27	04160000000	x Inara	15:45	1h30	NÃO	108	44	98%	13
28	10725200000	x Inara	10:35	30min	NÃO	98	50	98%	18
29	00940190066	x Valécia	10:38	37min	NÃO	97	56	99%	14
30	05100000000	x Ana	10:40	1h40min	NÃO	76	48	96%	17
31	04190000000	x D.	09:51	1h	SIM	79	41	98%	16
32	05060000000	x Ana	09:53	1h	NÃO	81	50	98%	15
33	00940190066	x Romulo	09:55	1h	NÃO	84	48	96%	15
34	05400000000	x Ana	09:59	55min	NÃO	79	50	98%	19
35	04360000000	x Inara	13:34	30min	NÃO	78	66	96%	18
36	05400000000	x Inara	13:41	1h	NÃO	101	45	95%	18
37	02011528030	x Romulo	13:47	30min	NÃO	70	53	93%	18
38	14100000000	x Emily	15:45	30min	NÃO	95	42	99%	16
39	02800000000	x Inara	15:55	46min	NÃO	81	45	98%	17
40	11500000000	x Inara	15:58	35min	NÃO	79	47	98%	17

## ANEXO 12 – COLETA DE DADOS POSTO 02 – INSERÇÃO

A fim de colaborar com a pesquisa científica procurando melhorar as condições de trabalho o colaborador aceita participar de forma voluntária e assina em concordância com a coleta das informações sobre saúde ao lado do número de seu CPF.

POSTO	Tempo de Ciclo	NÍVEL DE COMPLEXIDADE	ESCORE DE COMPLEXIDADE	ESCORE EAWS (ERGONOMIA)
INSERÇÃO	31 s	SIMPLES	9	22

Nº DA AFERIÇÃO	CPF COLABORADOR	ASSINATURA DO COLABORADOR	HORÁRIO DE AFERIÇÃO	TEMPO NO POSTO	PERÍODO PRÉ MENSTRUAL (SIM/NÃO)	FC	NÍVEL DE ESTRESSE	OXIGÊNIO NO SANGUE	TAXA DE RESPIRAÇÃO
1	111 005 511 10	[assinatura]	10:16	1h16	NÃO	98	43	99%	15
2	061 014 121 22	[assinatura]	10:21	2h	SIM	63	37	99%	13
3	050 003 012 01	[assinatura]	10:25	1h25	NÃO	49	27	99%	14
4	091 461 002 37	[assinatura]	13:20	1h20	NÃO	81	24	91%	12
5	046 202 052 24	[assinatura]	13:26	1h	SIM	72	42	97%	13
6	046 202 052 24	[assinatura]	13:28	48 min	SIM	68	26	97%	12
7	057 202 052 24	[assinatura]	16:14	1h54	NÃO	79	36	97%	18
8	122 210 002 01	[assinatura]	16:18	1h58	SIM	103	55	98%	15
9	050 033 002 01	[assinatura]	9:43	43 min	NÃO	65	50	99%	15
10	039 202 052 24	[assinatura]	9:47	1h30	SIM	80	39	98%	16
11	039 202 052 24	[assinatura]	9:49	48 min	NÃO	62	56	98%	14
12	114 114 002 01	[assinatura]	9:52	1h	NÃO	76	46	98%	12
13	060 202 052 24	[assinatura]	9:55	1h	NÃO	91	46	90%	15
14	044 202 052 24	[assinatura]	15:31	1h10	NÃO	84	57	99%	17
15	102 225 002 01	[assinatura]	15:35	1h15	SIM	92	47	99%	15
16	057 202 052 24	[assinatura]	15:37	1h15	NÃO	74	29	97%	17
17	034 202 052 24	[assinatura]	15:40	1h20	NÃO	85	53	99%	17
18	038 202 052 24	[assinatura]	10:04	1h	SIM	62	36	99%	16
19	050 202 052 24	[assinatura]	10:06	1h	SIM	57	23	98%	17
20	046 202 052 24	[assinatura]	13:54	2h	NÃO	72	43	99%	15/
21	103 202 052 24	[assinatura]	14:01	2h	NÃO	96	54	97%	15
22	111 005 511 10	[assinatura]	14:12	1h20	SIM	106	68	98%	13
23	106 202 052 24	[assinatura]	15:22	1h	SIM	82	29	95%	14
24	102 202 052 24	[assinatura]	15:25	1h	NÃO	96	55	99%	16
25	031 202 052 24	[assinatura]	15:27	1h	NÃO	83	55	98%	16
26	046 202 052 24	[assinatura]	10:28	1h40	NÃO	60	33	98%	15
27	107 202 052 24	[assinatura]	10:31	1h40	NÃO	87	57	99%	16
28	111 005 511 10	[assinatura]	10:33	1h30	SIM	101	49	97%	18
29	114 114 002 01	[assinatura]	10:22	1h30	NÃO	91	47	98%	10
30	038 202 052 24	[assinatura]	10:25	30 min	SIM	65	47	97%	12
31	014 202 052 24	[assinatura]	13:35	1h30	NÃO	94	54	99%	16
32	102 202 052 24	[assinatura]	15:07	50 min	NÃO	100	79	99%	15
33	057 202 052 24	[assinatura]	15:09	52 min	NÃO	71	39	99%	15
34	034 202 052 24	[assinatura]	15:12	53 min	NÃO	82	55	99%	14
35	041 202 052 24	[assinatura]	15:15	55 min	NÃO	94	71	98%	16
36	057 202 052 24	[assinatura]	16:14	2h	NÃO	84	35	99%	19
37	034 202 052 24	[assinatura]	16:26	2h	NÃO	77	47	99%	18
38	114 114 002 01	[assinatura]	09:51	1h30	NÃO	78	49	97%	18
39	014 202 052 24	[assinatura]	09:55	2h	NÃO	82	49	98%	16
40	114 114 002 01	[assinatura]	11:00	2h30	NÃO	84	37	97%	15

## ANEXO 13 – COLETA DE DADOS POSTO 03 – POLIMENTO

A fim de colaborar com a pesquisa científica procurando melhorar as condições de trabalho o colaborador aceita participar de forma voluntária e assina em concordância com a coleta das informações sobre saúde ao lado do número de seu CPF.

POSTO	Tempo de Ciclo	NÍVEL DE COMPLEXIDADE	ESCORE DE COMPLEXIDADE	ESCORE EAWS (ERGONOMIA)
POLIMENTO	542,2 s	COMPLEXO	21	15,7

Nº DA AFERIÇÃO	CPF COLABORADOR	ASSINATURA DO COLABORADOR	HORÁRIO DE AFERIÇÃO	TEMPO NO POSTO	PERÍODO PRÉ-MENSTRUAL (SIM/NÃO)	FC	NÍVEL DE ESTRESSE	OXIGÊNIO NO SANGUE	TAXA DE RESPIRAÇÃO
1	65.741.357/44	[assinatura]	10:35	2h	NÃO	65	34	99%	12
2	049.964.947/44	[assinatura]	10:41	1h40	SIM	68	43	99%	16
3	026.531.044/44	[assinatura]	10:45	4h20	NÃO	94	54	96%	11
4	011.30.02.020/44	[assinatura]	10:51	2h	NÃO	87	46	99%	18
5	052.094.039.42	[assinatura]	13:48	1h48min	NÃO	93	43	98%	13
6	025.514.602/44	[assinatura]	13:54	1h54min	NÃO	77	52	97%	12
7	709.301.042/44	[assinatura]	16:23	2h	NÃO	89	60	97%	14
8	96.524.514/44	[assinatura]	16:28	2h08min	NÃO	80	69	98%	12
9	08.000.011/44	[assinatura]	9:56	1h30	NÃO	75	45	99%	15
10	011.089.607/44	[assinatura]	10:00	1h	NÃO	87	79	99%	17
11	02.303.09.22	[assinatura]	10:06	1h	SIM	80	60	99%	15
12	026.22.719/44	[assinatura]	10:12	2h	SIM	78	54	96%	15
13	42.000.011/44	[assinatura]	15:42	1h20	NÃO	103	60	99%	16
14	012.000.011/44	[assinatura]	15:50	1h25	NÃO	91	59	98%	17
15	071.07.381/44	[assinatura]	16:01	1h30	SIM	89	58	92%	17
16	02.000.011/44	[assinatura]	10:07	1h7min	NÃO	89	39	94%	18
17	021.000.011/44	[assinatura]	10:11	1h10min	NÃO	73	53	99%	17
18	04.303.09.22	[assinatura]	10:17	3h12	NÃO	78	43	96%	18
19	65.741.357/44	[assinatura]	10:21	1h20	NÃO	62	41	99%	10
20	025.301.602/44	[assinatura]	10:26	1h20	NÃO	80	60	99%	16
21	760.21.000.011/44	[assinatura]	15:30	1h	NÃO	89	49	97%	16
22	071.000.011/44	[assinatura]	15:43	45min	NÃO	92	79	99%	17
23	42.000.011/44	[assinatura]	15:48	1h15min	NÃO	84	56	99%	17
24	96.524.514/44	[assinatura]	15:51	1h	SIM	65	51	98%	17
25	65.741.357/44	[assinatura]	10:36	1h35min	NÃO	63	42	96%	15
26	02.303.09.22	[assinatura]	10:39	2h30	NÃO	70	31	99%	14
27	016.000.011/44	[assinatura]	10:51	2h	NÃO	78	51	99%	15
28	04.303.09.22	[assinatura]	10:53	2h	NÃO	105	71	96%	16
29	052.094.039.42	[assinatura]	13:30	1h30	NÃO	89	46	98%	12
30	01.385.000.011/44	[assinatura]	13:33	1h32	NÃO	128	62	98%	15
31	023.014.304/44	[assinatura]	13:30	1h	NÃO	82	57	97%	14
32	026.004.000.26	[assinatura]	13:41	1h	NÃO	98	62	95%	19
33	084.301.011/44	[assinatura]	13:43	1h	NÃO	84	69	93%	12
34	026.056.039.22	[assinatura]	13:48	1h	NÃO	80	43	99%	15
35	011.30.02.020/44	[assinatura]	13:50	7h	NÃO	72	69	97%	15
36	011.000.011/44	[assinatura]	13:54	1h	NÃO	80	60	83%	18
37	042.000.011/44	[assinatura]	15:17	1h57min	SIM	87	54	99%	13
38	76.524.514/44	[assinatura]	15:19	1h	NÃO	94	47	99%	20
39	071.000.011/44	[assinatura]	15:22	1h	NÃO	107	55	95%	17
40	961.524.514/44	[assinatura]	15:27	1h	SIM	71	44	98%	12

- em treinamento

- em treinamento

## ANEXO 14 – COLETA DE DADOS POSTO 04 – TESTE ÓPTICO

A fim de colaborar com a pesquisa científica procurando melhorar as condições de trabalho o colaborador aceita participar de forma voluntária e assina em concordância com a coleta das informações sobre saúde ao lado do número de seu CPF.

POSTO	Tempo de Ciclo	NÍVEL DE COMPLEXIDADE	ESCORE DE COMPLEXIDADE	ESCORE EAWS (ERGONOMIA)
TESTE ÓPTICO	55,6	SEMI-COMPLEXO	19	27,5

Nº DA AFERIÇÃO	CPF COLABORADOR	ASSINATURA DO COLABORADOR	HORÁRIO DE AFERIÇÃO	TEMPO NO POSTO	PERÍODO PRÉ-MENSTRUAL (SIM/NÃO)	FC	NÍVEL DE ESTRESSE	OXIGÊNIO NO SANGUE	TAXA DE RESPIRAÇÃO
1	116 711 319 34	Bruno R	10:56	4h54	NÃO	76	34	98%	15
2	043 211 111 11	[assinatura]	13:31	38 min	SIM	80	37	95%	18
3	020 011 111 11	Daniel	13:33	33 min	NÃO	94	62	97%	14
4	111 111 111 11	[assinatura]	13:36	1h	NÃO	130	52	98%	17
5	030 511 111 01	[assinatura]	13:40	1h36	NÃO	92	56	97%	15
6	091 111 111 11	Edicle	13:43	1h42	NÃO	96	46	98%	17
7	050 011 111 01	Palvina	13:45	1h45	NÃO	62	26	99%	16
8	020 011 111 01	[assinatura]	15:50	1h30	NÃO	87	49	98%	16
9	05 111 111 11	[assinatura]	15:51	1h34	NÃO	89	54	95%	18
10	02 111 111 11	Randir	15:57	1h37	NÃO	103	52	98%	21
11	010 111 111 11	Silvana	16:01	31 min	NÃO	79	40	90%	18
12	85 111 111 11	Tina	16:04	1h40	SIM	71	46	96%	16
13	045 111 111 11	Patricia	16:05	1h45	NÃO	85	63	97%	13
14	06 111 111 11	[assinatura]	16:10	1h50	NÃO	87	62	99%	16
15	145 111 111 11	Luciene	10:15	1h40	NÃO	68	55	96%	16 (11)
16	04 111 111 11	[assinatura]	10:27	1h26	NÃO	84	44	92%	17
17	06 111 111 11	[assinatura]	10:29	2h	SIM	89	52	99%	16
18	08 111 111 11	[assinatura]	10:32	2h	NÃO	84	53	98%	18
19	04 111 111 11	[assinatura]	16:05	1h35	NÃO	112	48	98%	14
20	04 111 111 11	Patricia	16:07	1h37	SIM	114	66	96%	15
21	06 111 111 11	[assinatura]	16:09	1h38	NÃO	89	61	84%	14
22	03 111 111 11	[assinatura]	10:28	2h	NÃO	76	38	89%	15
23	01 111 111 11	[assinatura]	10:30	2h	NÃO	91	55	95%	16
24	11 111 111 11	[assinatura]	10:33	2h	NÃO	108	59	99%	16
25	96 111 111 11	[assinatura]	10:35	2h30	NÃO	65	45	97%	17
26	09 111 111 11	Alaine	10:39	1h30	NÃO	65	34	92%	15
27	85 111 111 11	[assinatura]	15:53	30 min	NÃO	64	42	97%	17
28	04 111 111 11	Patricia	16:15	1h55	NÃO	102	64	97%	14
29	86 111 111 11	[assinatura]	16:18	1h55	NÃO	79	48	99%	13
30	06 111 111 11	[assinatura]	16:20	20 min	NÃO	87	39	97%	13
31	09 111 111 11	[assinatura]	16:26	2h	SIM	82	70	95%	18
32	03 111 111 11	[assinatura]	16:29	2h	NÃO	84	52	99%	15
33	08 111 111 11	Burton	16:31	2h10	NÃO	101	56	96%	14
34	94 111 111 11	[assinatura]	16:34	2h	SIM	65	45	99%	10
35	02 111 111 11	[assinatura]	16:36	2h	NÃO	87	59	98%	17
36	06 111 111 11	[assinatura]	10:55	2h	NÃO	81	45	98%	14
37	04 111 111 11	[assinatura]	10:57	2h	NÃO	74	64	98%	14
38	04 111 111 11	[assinatura]	10:59	2h	NÃO	84	39	93%	16
39	03 111 111 11	[assinatura]	11:01	30	NÃO	84	74	98%	18
40	07 111 111 11	Bruno	16:04	30	SIM	79	57	99%	13

