

**PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA – PTT****TEMA: FERRAMENTA DE LÓGICA FUZZY APLICADA NA ANÁLISE ERGONÔMICA DE TRABALHO NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA PARA TOMADA DE DECISÃO**

|   |  |
|---|--|
| <b>Nome do discente</b>                 | Leandro Soares Pinto                                   |
| <b>Orientador</b>                       | Prof. Dr. Jandecy Cabral Leite                         |
| <b>Data de ingresso:</b><br>23/03/2020  | <b>Natureza da produção:</b><br>Programa de computador |
| <b>Data de conclusão:</b><br>14/02/2022 | <b>Financiamento, se houver:</b><br>Não se aplica      |

**1 - Apresentação do Produto ou Serviço, incluindo justificativa, relevância, descrição sumária, nível de desenvolvimento, ineditismo e inovação representada:**

Atualmente todo o processo de produção que envolve um meio de trabalho, tende a seguir as modificações relativas as normas de proteção do trabalhador entre outras exigências solicitadas por legislações pertinentes, exigindo cada vez mais do indivíduo e das empresas, uma reorganização produtiva inovadora que venha se adequar ao meio em que está exercendo a sua atividade e consequentemente envolve reivindicações por melhores condições de trabalho e de vida (BOROWSKI, 2021).

Após vários estudos e pesquisas aplicadas a ergonomia e a segurança do trabalho, verificamos que os dados fornecidos, apresentam fatores de melhorias em qualquer setor produtivo, pois engloba todo o processo de trabalho que é realizado pelo ser humano, zelando a sua segurança e preservando a saúde e satisfação com o meio em que está exercendo a sua atividade (STIMEC, 2019).

Para Brito (2019), a ergonomia pode ser definida como a ciência que analisa as interações do homem com os elementos do sistema de trabalho e tem por objetivo melhorar as condições físicas e psicológicas do ser humano no trabalho, levando em consideração as posturas ergonômicas e os movimentos dos membros. A ergonomia apresenta-se como uma ciência multidisciplinar, com características específicas e diferentes domínios do saber, constituindo uma unidade estrutural que permite estabelecer uma coerência alicerçada nos seus métodos de ação com auxílio de vários profissionais (MENDONÇA, 2020).

Para Nascimento (2017) a importância da visão panorâmica possibilita contextualizar o trabalho humano, de modo a encontrar as condições de trabalho ideais e que permitam a melhor integração do trabalhador, aliado ao conforto e segurança. Desta forma acreditamos que a ergonomia tem evoluído de forma significativa ao longo desses anos, consolidando-se como uma disciplina própria para estudar as interações homem-objeto, aplicando os conhecimentos da ciência, engenharia, *design*, tecnologia e gestão de sistemas humanos, na qual podemos considerar a possibilidade de avaliarmos diversas alterações nas posições de trabalho, processos, distúrbios osteomusculares, incluindo dados antropométricos para posterior decisões de correções que podem auxiliar nos planos de ações de melhoria.

A presente aplicação da pesquisa encontra sua justificativa no número crescente de colaboradores sendo desligados de suas funções devido os problemas de saúde que podem ser ocasionados no ambiente de trabalho, atrelados muitas das vezes a função que realizam na atualidade ou desempenharam por um período prolongado de tempo no decorrer dos anos, muitas das vezes causando sequelas parciais ou muitas vezes irreversíveis. Sendo assim, cabe as empresas realizar uma análise ergonômica do trabalho (AET) por se tratar de um estudo obrigatório a ser realizado pelo empregador, com o objetivo de determinar as condições e diretrizes do trabalho no que diz respeito à ergonomia. A AET é uma exigência de legislação federal na qual é composta de:

➤ Apresentação da Empresa;

- Objetivos;
- Perfil dos colaboradores;
- Organização do trabalho;
- Descrição da atividade/tarefa;
- Fatores ambientais;
- Arranjos Físicos.

Após a avaliação ambiental *in loco* realizada pelo profissional em ergonomia, cabe a aplicação da metodologia adequada para a propor soluções de melhorias e também pode ser utilizados interferências tecnológicas, como é o caso da *Lógica Fuzzy* para a procura de soluções e respostas necessárias às questões relativas as questões ambientais e comportamentais no papel voltada aos conhecimentos da ergonomia e suas percepções no ambiente de trabalho.

O presente estudo demonstra a importância do conhecimento da ergonomia para a prevenção de riscos ocupacionais e nos remete a sua aplicabilidade em conjunto com o controle das condições ambientais e todos os benefícios advindos das diversas tecnologias que podem ser aplicadas ao trabalhador, assim como a necessidade de se detectar o papel dos atores envolvidos na indústria automobilística com a inclusão de dados ergonômicos de sete postos de trabalho no qual, podemos aplicar recursos computacionais da Inteligência Artificial (IA) conhecida como *Lógica Fuzzy*.

### **1.1 Contribuição e Relevância da Aplicação**

O presente estudo tem como contribuição acadêmica a oportunidade de apresentar a melhoria dos métodos de análise da ferramenta ergonômica utilizado pela Metodologia Suzanne Rodgers, considerando a aplicação de técnicas de IA sendo uma técnica de IA a aplicação da *Lógica Fuzzy* que permite em sua análise na tomada de decisão, respostas adequadas é mais próxima das decisões humanas aplicadas.

Desta forma, as empresas de um modo geral, buscam a redução de acidentes do trabalho e a aplicação de uma AET atende perfeitamente uma exigência legislativa e ao mesmo tempo, a ferramenta aplicada possibilita um *Raio X* das atividades ou dos postos estudados, sendo um importante meio de análise realizado por um profissional de ergonomia. As informações servem para alimentar o banco de dados do Matlab e acompanhar a análise de ambos os dados e garantir as melhores respostas aos postos de trabalho.

A pesquisa contribui com a aplicação da *Lógica Fuzzy* enfatizando a temática de recursos tecnológicos na aplicação de metodologias ergonômicas aplicadas a processos ou atividades industriais para novas avaliações e resultados assertivos nas tomadas de decisões. Têm-se como contribuição e relevância, o algoritmo de Avaliação Ergonômica de Trabalho (AET) com **Certificado de Registro de Programa de Computador registrado no INPI (Patente/RPC) conforme Processo Nº: BR512023001315-3** mostrando a grande inovação na aplicação industrial (Anexo ao documento do PTT).

## **2- Descrição do desenvolvimento, técnicas e bases teóricas:**

Nesta seção, mostra o embasamento teórico e discorrer sobre as informações pertinentes a ergonomia incluindo a utilização da ferramenta ergonômica Suzanne Rodgers na AET e a aplicação da IA através de técnicas da lógica fuzzy para posterior tomadas de decisão, buscando informações necessárias para uma visão preventcionista, aplicado nas atividades que envolvem riscos ergonômicos nos processos industriais automotivos e que esses resultados possam contribuir para novas pesquisas.

### **2.1 Ergonomia**

O estudo da ergonomia, tem sua importância na atualidade por trata-se de uma disciplina orientada para uma visão sistêmica de todos os aspectos da atividade humana, na definição de Santos (2019), a palavra Ergonomia deriva do grego Ergon (trabalho) e Nomos (normas, regras, leis). Sendo assim, as empresas devem considerar os aspectos físicos, cognitivos, sociais, organizacionais, ambientais entre outros estudos, com amplitude dessas dimensões é que podem intervir nas atividades do trabalhador, causando afastamento pelas omissões (BERLIN, 2017).

Em agosto de 2000, a IEA (*International Ergonomics Association*) definiu a ergonomia como “uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de tarefas de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema”, essas interações propostas por Chung (2018), colaboram com as observações realizadas aos seres humanos no ambiente de trabalho. Para Brito (2019), os conhecimentos científicos aplicados ao bem-estar do homem, possui certa importância na concepção de instrumentos, máquinas e dispositivos utilizados no conforto, segurança e eficiência da produção.

Para Meister (2018) a ergonomia é considerada uma ciência multidisciplinar, ela tem como base em seus estudos várias outras ciências, que podem ser associadas perfeitamente com a sociologia, a antropologia, a antropometria e a biomecânica, sendo empregada em várias áreas do conhecimento, referente a ligação entre o homem e o seu ofício. Esses conhecimentos têm mostrado uma importância muito positiva tanto para os profissionais ou equipes multidisciplinares que buscam cada vez mais conhecimentos e aplicação de novos métodos e recursos tecnológicos em prol de novos produtos, ferramentas e adequações ao trabalhador.

Para Breznik (2021) a AET tende a escanear as condições de trabalho, dentro de limites aceitáveis para a produção. Neste enfoque, Berlin (2021) orienta que por trás desta noção de melhoria da relação homem - trabalho, existe o agente da ação com o conhecimento específicos que ora chamado de ergonomista, com a missão de avaliar e identificar os riscos ocupacionais do sujeito da ação (o trabalhador) e a própria ação (o trabalho) com o propósito de melhoria da intervenção ergonômica no ambiente de trabalho. A qualidade de vida (QV) no trabalho, apresenta-se como o mediador da construção da saúde, de forma que a melhor relação homem versus trabalho não é a exclusão do trabalho, mas sim uma proposta de relação harmônica entre os dois agentes de ligação esperada voltadas ao trabalho e saúde (SHARMA, 2020).

De acordo com Neumann (2021), a contribuição da AET por se destacar no caráter multidisciplinar, integrando conceitos aplicados das ciências sociais, com a inclusão de avanços tecnológicos, tendo como resultado o aumento da capacidade produtiva individual e coletiva para a redução de acidentes de trabalho e a melhoria das condições de saúde da população. Na visão de Kadir (2019) existem diversas ciências relacionadas ao estudo de comportamento humano aplicados nos estudos da ergonomia que tem como base nas disciplinas relacionadas ao aperfeiçoamento e a interação em entre o ambiente de trabalho e o trabalhador.

## 2.2 Aspectos Benéficos da Ergonomia

De acordo com Kolus (2018), os conceitos aplicados a ergonomia, apresenta-se abrangente e desta forma, precisa-se de uma abordagem realizada por equipes multidisciplinar no âmbito prevencionista da atividade do trabalho. A formação do profissional em ergonomia no Brasil é realizada em nível de pós-graduação, nos cursos ofertados de especializações que inclui conhecimentos básicos em ergonomia para facilitar a compreensão sobre um assunto extenso com o apoio das ciências em psicologia, anatomia, fisiologia, design e tecnologias.

Para Petruni (2019) os estudos aplicados por profissionais em ergonomia nas indústrias, mostram as reduções de forma considerável de lesões musculoesqueléticas e também os índices de absenteísmo, além de favorecer o conforto e a segurança do funcionário, que pode exercer suas funções com tranquilidade, a medida diminui o risco de doenças e acidentes de trabalho. De acordo com Holden (2020) a ergonomia tem como objetivo produzir conhecimentos específicos sobre a atividade do trabalho humano como o mapeamento dos postos de trabalho que podem causar prejuízos físicos nas organizações com a abrangência na ergonomia física, cognitiva e organizacional, com o intuito de contribuir para a diminuição de doenças ocupacionais, relacionando as correções com a qualidade de vida. Pode-se destacar uma análise como relevância à aplicação:

- a) *Ergonomia Física*
- b) *Ergonomia Cognitiva*
- c) *Ergonomia Organizacional*

### 2.3 Biomecânica Ocupacional

De acordo com Tosi (2020), a biomecânica é o estudo dos movimentos humanos do ponto de vista da mecânica, incluindo as causas e consequências de possíveis doenças ocupacionais no ambiente de trabalho. Uma parte do conhecimento da ergonomia tem sua fonte e origem no estudo da máquina humana que possibilita uma pesquisa de conhecimentos sobre o corpo humano incluindo os ossos, músculos, ligamentos e tendões são os elementos essenciais do sistema locomotor que possibilitam realizar movimentos (BERLIN, 2017).

Para Theurel (2020) as análises possibilitam a realização de projeções afim de estimar e avaliar os esforços realizados por músculos e articulações com o corpo em diferentes posturas e movimentos. Desta forma, Nuzzo (2020) define que a vida mecânica possibilita o conhecimento aplicável e que devem buscar respostas, através das análises das propriedades biomecânicas, sendo fundamentais para avaliação das posturas dinâmicas, mobilidade articular e a força muscular, utilizando métodos para determinar os limites e as capacidades humanas para a realização de tarefas sem o risco de lesões nas atividades ocupacionais. Os estudos da biomecânica, tendem a reduzir os riscos existentes no ambiente de trabalho, conforme Andreas (2018) o risco é um fator que interfere nas características operacionais, causando desconforto ou afetando sua saúde por ritmo exagerado da tarefa, repetitividade, monotonia, postura inadequada e peso inadequado para o trabalhador, mostrando a importância de analisar a tarefa de cada indivíduo e avaliar quanto risco das Lesões por Esforço Repetitivo (LER) e Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT).

A biomecânica é considerada muito ampla em relação aos estudos e conhecimentos aplicados, para tanto a biomecânica ocupacional é uma parte importante em relação homem / trabalho que estuda a questão das posturas do trabalhador no ambiente laboral incluindo a manipulação de objetos, movimentos repetitivos corporais e forças relacionadas ao trabalho (LIM, 2020). Também pode ser definido como o estudo da interação física do trabalhador com suas ferramentas, bancadas, máquinas e materiais, que tem como objetivo, o aumento da performance minimizando os riscos de distúrbios musculoesqueléticos (GOLABCHI, 2018).

Para Gomez (2019) é muito importante a realização de uma análise da interação entre homem, máquina, ambiente e produção neste estudo, com a inclusão das leis físicas da mecânica entre outros conhecimentos, para estimar as tensões que ocorrem nos músculos e articulações durante postura ou um movimento. Com esses dados, pode-se utilizar o uso de recursos tecnológicos para propor soluções de problemas causados pela má postura ou aplicação excessiva de forças, evitando desperdício energético para alcance de maior eficiência.

Pode-se analisar os pontos importantes para execução das aplicações como ferramentas de tomada de decisão na indústria:

- a) *Os riscos ergonômicos na empresa*
- b) *Cumprimento das Legislações aplicáveis*
- c) *Melhoria no processo de trabalho*
- d) *Melhores condições no local de trabalho – Posto de Trabalho*
- e) *Modernização de máquinas e equipamentos*
- f) *Melhoria no relacionamento entre as pessoas*
- g) *Ergonomia e a Segurança do Trabalho: Mobiliário, Máquinas, Equipamentos, Ferramentas, Materiais e Layout Específico do Processo.*
- h) *Legislações Aplicáveis: Constituição Federal, Consolidação das Leis Trabalhistas, Normas Regulamentadoras (NBR 17 – Ergonomia, por exemplo), Legislação Previdenciária.*
- i) *Análise Ergonômica do Trabalho Aplicada.*
- j) *Prevenção de Distúrbio Osteomuscular na Ergonomia (DORT).*
- k) *Legislações Internacionais.*
- l) *Ferramentas Ergonômicas: Suzanne Rodgers, OWAS, NIOSH, RULA, MOORE GARG, REBA.*

### 2.4 Inteligência Artificial (IA)

### a) Lógica Fuzzy

A lógica *fuzzy* foi concebida por Lofti Asker Zadeh no ano de 1965 (LEE, 1990). Sua finalidade é agregar na resolução de problemáticas que possuem uma característica de subjetividade, no qual as informações são nebulosas, o que não pode ser aplicado na lógica booleana, na qual possui uma avaliação de valores limitados com características de assumir dois valores, verdadeiro ou falso (NOGUEIRA e NASCIMENTO, 2017; ZADEH, 1988).

A lógica nebulosa possui uma infinidade valores no intervalo de 0 a 1, que são chamados de níveis ou graus de pertinência, assim, assume valores muito mais amplos que meramente verdadeiro e falso. Um sistema de inferência *fuzzy* têm como principais elementos de composição o fuzzificador, regras de inferências, motor de inferências e defuzzificador, na qual fica mais claro o entendimento abaixo, descrito por (ZADEH, 1988; CARTER, 2021).

**Fuzzificador:** É a parte do modelo de inferências *fuzzy* responsável por converter os dados de entrada em valores que possam ser representados em graus de inferência, tendo sua variação entre o intervalo de 0 a 1.

**Regras de inferência fuzzy:** É o conjunto de regras utilizados no sistema de inferência *fuzzy*, essas regras servem essencialmente para fazer com que o modelo tenha um comportamento similar em termos de tomada de decisão, conforme o conhecimento do especialista que modelou e imputou as regras no sistema de inferências.

Esta é uma parte essencial para que o modelo tenha um comportamento de melhor eficiência, logo para se modelar um sistema *fuzzy* é necessário um especialista ares em estudo para que o as respostas sejam validadas pelos mesmos.

**Motor de inferência:** Este modulo é responsável por unificar e efetuar o processo de cálculos do comportamento do sistema *fuzzy* que é modelado, vale ressaltar que os valores obtidos deste modulo são valores numéricos.

**Defuzzificador:** Após a etapa que o motor de inferência efetuou os cálculos matemáticos e resultou em valores numéricos, o defuzzificador é responsável por efetuar a conversão destes valões numéricos para as variáveis linguísticas, afim de facilitar o processo de tomada de decisões. O defuzzificador utiliza um método para fazer o processo de conversão dos valores numéricos, para isso existem alguns métodos no qual é possível destacar o Centroide (LIMA JUNIOR *et al.* 2016; JUNIOR *et. al.*, 2020).

O Centroide é o mais utilizado devido o cálculo da saída considerar todos os valores de pertinência. O método Centroide pode ser definido pela Equação 1.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (1)$$

Onde:

C: Centroide;

N: Número de regras imputadas;

Wi: Grau de ativação na ação consequente Yi.

Na Figura 1 é mostrado a representação do método Centroide, que é possível notar que elevado em consideração todos os valores, inclusive os menores.

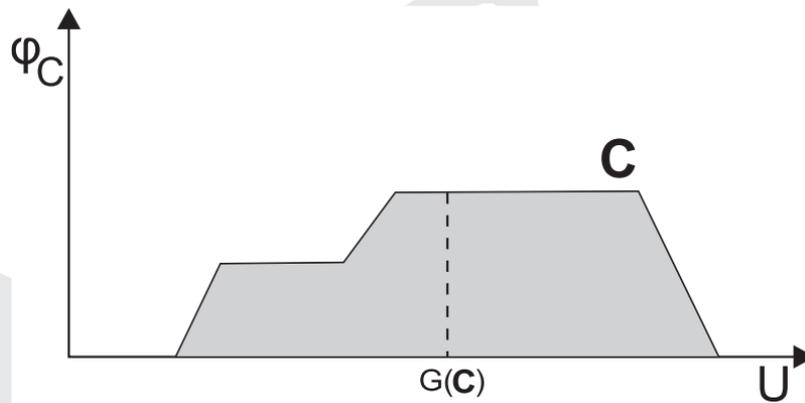


Figura 1 - Método Centroide (Defuzzificação).

Fonte: SILVA, (2011).

Em relação aos níveis de pertinência, existem algumas funções que podem se configurar a mais utilizadas e conhecidas estão: Função trapezoidal, triangular e gaussiana, que podem ser representadas pelas Equações 2, 3 e 4 respectivamente (SILVA, 2011).

A Função Trapezoidal apresentada na equação 2, mostra a forma como a função de pertinência de tipo trapezoidal é constituída. No qual a função depende de variáveis  $V$  e  $x$ , sendo que a variável  $V$  é um vetor constituído por  $(v1, v2, v3$  e  $v4)$ , sendo que  $v1 \leq v2 \leq v3 \leq v4$ .

$$f_p(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq v_1; \\ \frac{x - v_1}{v_2 - v_1} & \text{se } x \in [v_1, v_2]; \\ 1 & \text{se } x \in [v_2, v_3]; \\ -\frac{(x - v_4)}{v_4 - v_3} & \text{se } x \in [v_3, v_4]; \\ 0 & \text{se } x \geq v_4 \end{cases} \quad (2)$$

O resultado do grau de pertinência fica demonstrado na Figura 2.3 que apresenta a aplicação é a forma visual de uma função trapezoidal.

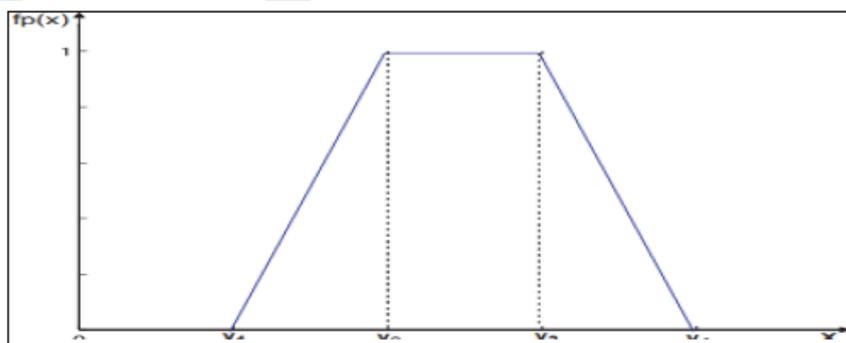


Figura 2 - Função Trapezoidal.

Fonte: SILVA, (2011).

A Função Triangular apresentada na Equação 3, é a mesma aplicada para a função trapezoidal, porém com uma particularidade, ela precisa ter dois pontos com valores iguais para que assim, em vez de apresentar 4 pontos distintos, serão apresentados apenas 3 pontos, que configura uma função triangular.

$$f_p(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq v_1; \\ \frac{x - v_1}{v_2 - v_1} & \text{se } x \in [v_1, v_2]; \\ 1 & \text{se } x \in [v_2, v_3]; \\ -\frac{(x - v_4)}{v_4 - v_3} & \text{se } x \in [v_3, v_4]; \\ 0 & \text{se } x \geq v_4 \end{cases} \quad (3)$$

A Figura 3 mostra a representação gráfica da função de pertinência triangular, sendo possível verificar apenas 3 pontos, mostrados na variável  $v_3$  recebeu o mesmo valor de  $v_2$ .

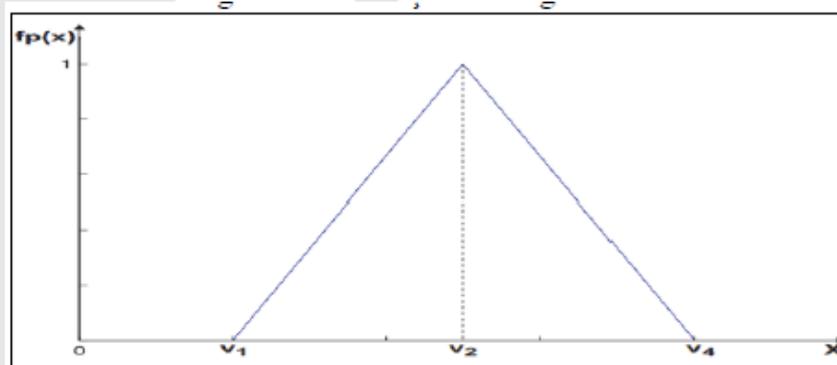


Figura 3 - Função Triangular.  
Fonte: SILVA, (2011).

A Função Gaussiana apresentada na Figura 4, é uma função caracterizada pelos parâmetros  $v1$ ,  $v2$  e  $v3$ , no qual são utilizados os valores de  $v1$  e  $v2$  para serem os limites inferiores e superiores, logo após essa definição os valores de  $v1$ ,  $v2$  e  $v3$  são transformados para realizar o ponto de simetria da função.

$$f_p(x) = \begin{cases} c_\alpha \exp\left(\frac{\alpha}{\left(\left(\frac{2}{b-a}\right)x - \left(\frac{b+a}{b-a}\right)\right)^2 - 1}\right) & \text{se } x \in (a, b), \\ 0 & \text{se } x \notin (a, b) \end{cases} \quad (4)$$

A Figura 4 exhibe o gráfico de pertinência Gaussiana, que se tem o valor de alfa como 1, sendo este o valor do ponto de simetria, responsável pelo gráfico da função ficar menor ou mais estreito, sendo que quanto maior o valor mais estreito tende a ser a curva em função de  $f_p(x)$ .

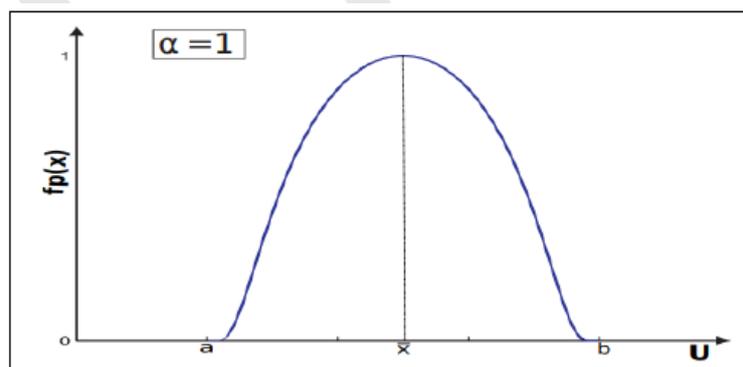


Figura 4 - Função Gaussiana.  
Fonte: SILVA (2011).

### 3 - Apresentação do produto (fotografia, *PrintScreen*, imagens em geral para apresentar o produto ou processo):

#### Da aplicação da Metodologia

Para a realização desta pesquisa foi necessário a utilização da base de dados de uma AET realizada no mês de julho de 2021 nas dependências da empresa, o conjunto de dados contempla a produção de rádios modelo Toyota avaliados em sete postos de trabalho. No qual foram observados nos postos de trabalho a aplicabilidade da legislação pertinente em relação a aplicação das Normas. As observações partiram no sentido de avaliarmos as movimentações de membros superiores e inferiores através da NR 17 que passam a ser descritos nas sequencias abaixo e além das observações pertinentes. Os resultados tem como objetivo, responder se as condições ergonômicas no ambiente de trabalho influenciam na saúde, conforto e segurança do trabalhador em ritmo de produção continua de rádios automotivos.

#### 3.1 Materiais

Os materiais utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram o *Matlab*<sup>®</sup> 2016 e o relatório da Análise Ergonômica de Trabalho (AET) do ano de 2021. O *Matlab*<sup>®</sup> 2016 foi utilizado como suporte a implementação do sistema de inferências *fuzzy*, através do *toolbox* disponível no *software*. Em relação a AET, foi utilizado como base para o desenvolvimento do sistema de inferências *fuzzy*, tendo em vista imitar o comportamento do especialista.

#### 3.2 Métodos

A metodologia aplica-se nas atividades que se iniciam as 07:05 às 17:15 hs de segunda a quinta e na sexta de 07:05 às 15:15 hs com pausas de 60 minutos pela manhã e 60 minutos pela tarde e 60 minutos de intervalo para almoço com intervalos para atender situações fisiológicas do trabalhador com o ciclo de produção de aproximadamente 100 segundos para a produção de 300 aparelhos por hora. Para obtermos melhor entendimento deste fenômeno, será necessário um estudo qualitativo, por caracterizar-se pelo emprego de equipamento de medição, AET, método Suzanne Rodgers, questionários e a técnica de IA/Lógica *fuzzy*. Partindo-se de uma abordagem descritiva, o estudo foi subdividido em partes que se iniciam com um formulário de perguntas sobre os riscos ergonômicos contendo a descrição da tarefa, principais aspectos de dificuldades referidos pelos colaboradores.

A segunda parte, apresenta o *check list* de Thomas E. Bernard - versão 2001, (nível de esforço, tempo de esforço, esforço por minuto) em relação ao (pescoço, ombros, tronco, braços, antebraços, mãos, dedos, punhos) e avaliação simplificada do fator biomecânica nos riscos para distúrbios músculos-esqueléticos de membros superiores, sobrecarga física, força com as mãos, postura no trabalho, posto de trabalho e organização do trabalho, temperatura, luminosidade.

#### 3.3 Concepção do Modelo

As variáveis de entrada servem como modelos para imputar os dados no sistema, no qual é feito uma fuzzificação para que seja possível o processamento no motor de inferências *fuzzy*. As Variáveis de Entrada foram selecionadas a partir do modelo observado Suzane Rodgers, no qual obteve-se as variáveis de entrada “Nível de Esforço”, “Tempo de Esforço” e “Esforços por Minuto”. A variável “Nível de Esforço” possui 3 níveis de inferência, sendo eles, “Baixo”, “Moderado” e “Pesado”.

No qual os intervalos são definidos de forma a acompanhar o modelo Suzane Rodgers. A variável de entrada “Nível Esforço” tem como critérios de observações determinadas em quatro níveis de inferência a seguir, sendo eles: “Baixo”, “Moderado” e “Pesado”.

**Baixo:** em nível de inferência é formada pelo intervalo de valores de 0 a 40 (eixo horizontal) sendo que os intervalos de 0 a 30 tem pertinência máxima, equivalente a 1 (eixo vertical), já o intervalo de 30 a 40 a pertinência diminui linearmente até atingir o ponto 40, composto de função trapezoidal (0 0 30 40).

**Moderado:** é constituído pelo range de valores de 30 a 80, tendo seus postos de ligação em (30 38 70 80) na foi utilizada a função trapezoidal. Do ponto 30 (eixo horizontal) ao 38 ocorrendo um aumento gradativo de pertinência, alcançando seu valor máximo ao ponto 38 mantendo uma

constância no intervalo 38 a 70 a partir daí o nível de pertinência reduz novamente até chegar em seu baixo atingindo 0 valor nulo (0) no ponto 80.

**Pesado:** Neste nível de inferência é utilizado uma função trapezoidal tendo com a definição os pontos (70 75 80 100), sendo o range observado nos pontos 70 ao 80. O nível de inferência pesado tem sua pertinência máxima 1 (eixo vertical) prolongada por um maior intervalo se comparado ao nível de inferência regular. Do ponto 70 a 75 (eixo horizontal) há uma elevação do nível de pertinência até chegar ao valor 1 em se estende neste valor até o ponto 80, onde começa a diminuir até chegar ao valor de 0 pertinência. Na Figura 5, é visualizado os níveis de inferência da variável Nível de Esforço.

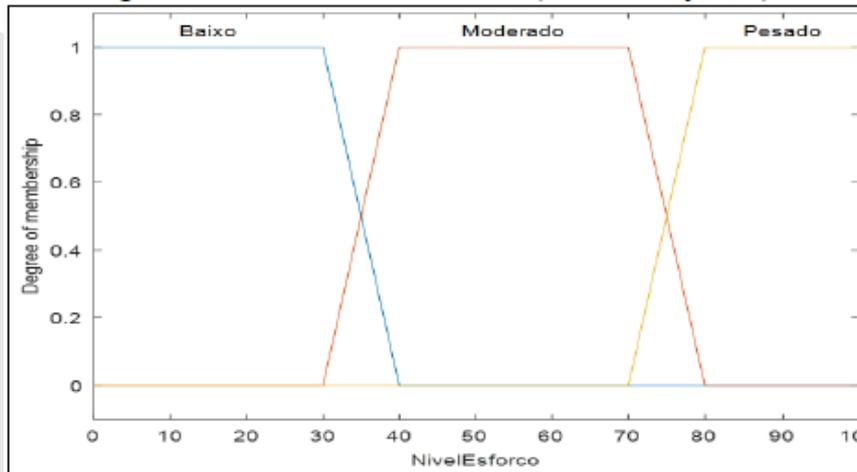


Figura 5 - Variável de entrada (*Nível de esforço*).

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2022).

A variável “*Tempo de Esforço*” possui 5 níveis de inferência, sendo os mesmos denominados de: “*TE 1 (0 a 6 segundos)*”, “*TE 2 (6 a 20 segundos)*”, “*TE3 (20 a 30 segundos)*”, “*TE4 (> 30 segundos)*”.

**TE1:** Neste nível é possível notar que é utilizado uma função trapezoidal, já que possui quatro pontos (3 6 15 20). Do ponto 3 ao 6 (eixo horizontal) há uma elevação da pertinência saindo do valor 0 e atingindo seu ponto máximo em 1 (eixo vertical), nos pontos que segue (6 15) o valor da pertinência se mantém em 1 e cai a partir do ponto 15 até atingir o ponto 20, quando o valor da pertinência é 0.

**TE 2:** Neste nível é possível notar que é utilizado uma função trapezoidal, já que possui quatro pontos (3 6 15 20). Do ponto 3 ao 6 (eixo horizontal) há uma elevação da pertinência saindo do valor 0 e atingindo seu ponto máximo em 1 (eixo vertical), nos pontos que se segue (6 15) o valor da pertinência se mantém em 1 e cai a partir do ponto 35 até atingir o ponto 40, quando o valor da pertinência é 0.

**TE 3:** Foi utilizado quatro pontos (15 20 25 30), logo é uma função trapezoidal. Para os pontos de 15 a 20 (eixo horizontal) há uma elevação no grau de pertinência chegando ao valor máximo 1 (eixo vertical), o intervalo composto pelos valores 20 e 25 o grau de pertinência se mantém o mesmo, e cai a partir do ponto 25 atingindo um valor 0 (eixo vertical) no grau de pertinência no ponto 30.

**TE 4:** Este nível de inferência é caracterizado por quatro pontos (25 30 40 40) sendo uma função trapezoidal. O intervalo entre os pontos 25 e 30 (eixo horizontal) ocorre uma elevação de grau de pertinência chegando a 1 (eixo vertical), o intervalo entre os pontos 30 e 40 o grau de pertinência permanece em seu máximo. A Figura 6, é visualizado os níveis de inferência da variável Tempo de Esforço.

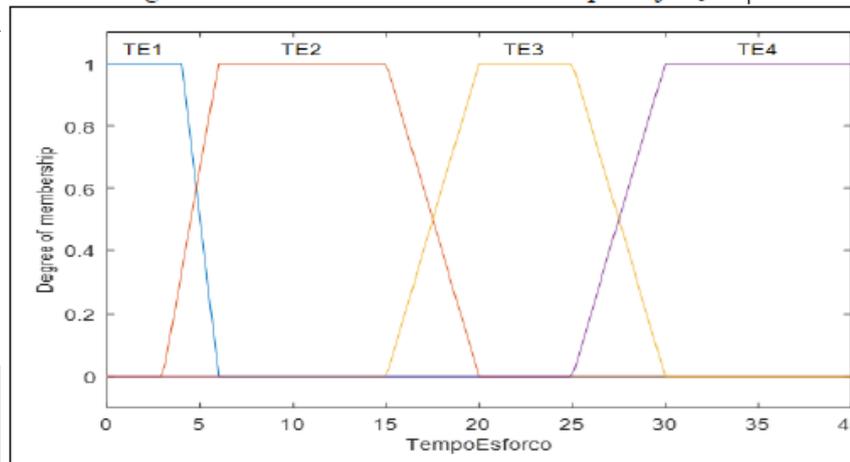


Figura 6 - Variável de entrada “Tempo Esforço”.

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2022).

A variável “Esforços por Minuto” tem 5 níveis, no qual foram denominados de: “EPM 1 (0 a 1 esforços)”, “EPM 2 (1 a 5 esforços)”, “EPM 3 (5 a 15 esforços)”, “EPM 4 (> 15 esforços)” no qual possui cinco níveis de inferência. Estes níveis são responsáveis por indicar se há ou não um determinado nível de esforço por minuto na execução de uma tarefa.

**EPM 1:** Nível de inferência que utiliza uma função trapezoidal configurada com os seguintes pontos (0 0 0,5 1), sendo o ponto 0 (eixo horizontal) ao ponto 0,5 uma constante de pertinência igual a 1 (eixo vertical). Já o do intervalo de pontos entre 0,5 e 1 o grau de pertinência cai gradativamente até o ponto 1 (eixo horizontal), atingindo uma pertinência de valor 0.

**EPM 2:** Este nível de pertinência é caracterizado por uma função trapezoidal que é definida por (0,5 1 3 5), no qual o ponto inicial 0,5 ao ponto 1 (eixo horizontal) há uma elevação do grau de pertinência (eixo vertical) alcançando o valor 1, já do ponto 1 ao 3 há uma regularidade na pertinência se mantendo em 1. Para o segmento dos pontos 3 ao 5 existe uma diminuição no valor do grau de pertinência, atingindo o valor de 0 no ponto 5.

**EPM 3:** Nível de inferência que possui uma função trapezoidal como elemento de configuração, ao qual estão definidas nos seguintes pontos (3 5 12 15). No intervalo entre os pontos 3 ao 5 (eixo horizontal) o grau de pertinência aumenta até o valor 1 (eixo vertical). Já no intervalo de valores entre 5 e 12 a pertinência se mantém inalterada. Para os pontos de 12 ao 15 a pertinência baixa para o valor 0 no ponto 15.

**EPM 4** Para este nível de inferência é utilizada uma função trapezoidal configurada com os pontos (12 15 20 20). Para o ponto 12 a 15 (eixo horizontal) há um aumento de grau de pertinência que chega em seu máximo (1 eixo vertical) no ponto 15. No intervalo de pontos entre 15 e 20 a pertinência permanece com o valor 1 e a partir deste ponto há a queda até o valor nulo (0 eixo vertical). Na Figura 7, é visualizado os níveis de inferência da variável Esforço por Minuto.

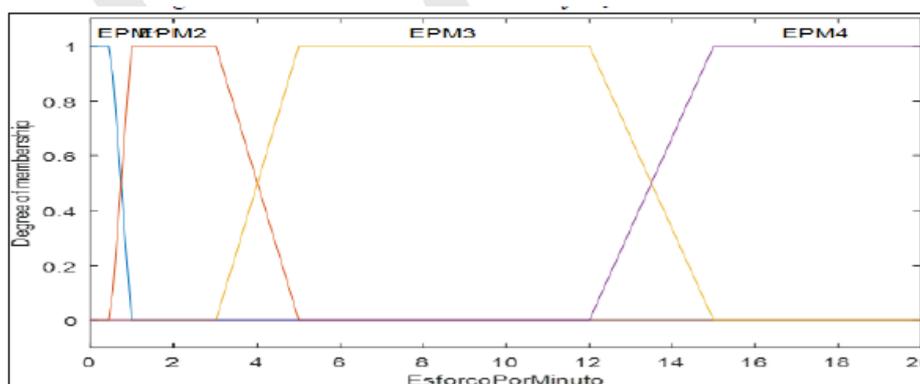


Figura 7 - Variável de entrada “Esforço Por Minuto”.

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2022).

**Variável de Saída:** Esta variável será utilizada como resultado fuzzy, a ser mostrado pelo sistema, no qual terá 4 respostas possíveis, sendo os níveis: “Verde”, “Amarelo”, “Vermelho” e “Violeta”. Responsável por indicar de forma qualitativa e numérica o resultado final no qual se deseja alcançar, neste caso a variável de saída é denominada de “Risco”, pois é o que se deseja alcançar no final da avaliação, o risco de lesão por esforços repetitivos (LER/DORT).

**Verde:** Nível formado por uma função trapezoidal com os valores definidos nos pontos (0 0 20 30), no qual o valor de pertinência 1 (eixo vertical) no intervalo entre 0 e 20 (eixo horizontal) segue constante, já no intervalo entre os valores 10 e 20 a pertinência de valor 1 (eixo vertical) cai drasticamente para o valor 0. Indicando o nível baixo de impacto ergonômico ao trabalhador.

**Amarelo:** Nível que há uma função trapezoidal como modelo com os valores em (20 30 40 60), onde o intervalo entre os valores 20 e 30 (eixo horizontal) possui uma tendência de aumento até o ponto 30, que segue constante no grau de pertinência (eixo vertical). Para o intervalo entre 50 os valores 30 e 40 o grau de pertinência decresce até atingir seu nível mais baixo (0 eixo vertical) no ponto 40. Indicando o nível moderado de impacto ergonômico ao trabalhador.

**Vermelho:** Para este nível de pertinência foi utilizado uma função com quatro pontos (função trapezoidal) que possui seus valores definidos em (40 60 70 80), no qual o intervalo entre os dois primeiros pontos (40 e 60) no eixo horizontal) há um crescente gradual de grau de pertinência, indo do valor 0 até o 1 (eixo vertical), já no intervalo de 60 ao 70 o grau de pertinência se mantém em 1. Para o último intervalo de seguimento de valores entre os pontos 70 e 80 o grau de pertinência cai para 0 gradativamente.

**Violeta:** Nível de pertinência configurado com quatro pontos (70 80 100 100), função trapezoidal), no qual o primeiro intervalo entre os valores no eixo horizontal 70 80 existe uma elevação de grau de pertinência indo de 0 a 1 (eixo vertical), para o seguimento do intervalo entre os valores 80 e 100 há um mantimento de valores inalteráveis, permanecendo em 1. A partir do ponto 100 ao 100 a pertinência desce para o valor 0 (eixo vertical) atingindo o ponto 100 seu menor valor (0). Na Figura 8, mostra os níveis de inferência da variável de saída Risco.

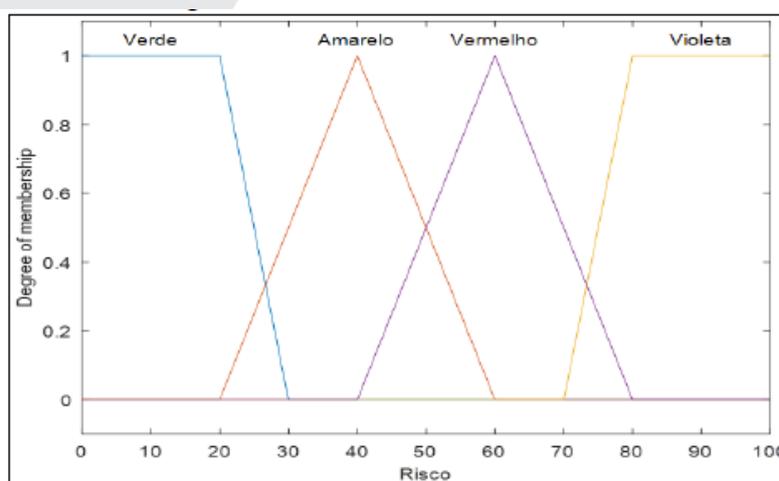


Figura 8 - Variável de saída “Risco”.

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2022).

**Motor de Inferências:** No motor de inferências serão adicionadas as regras a serem utilizadas no modelo de inferências fuzzy, como serão utilizadas nas variáveis “Nível de Esforço”, “Tempo de Esforço” e “Esforços por Minuto”, com valores de 3, 4 e 4 respectivamente para cada variável de entrada, a quantidade de regras a serem utilizadas serão 48, devido a esta ser a quantidade de possibilidades possíveis de regras para as configurações do sistema de inferência a ser apresentado.

### 3.4 Modelagem do Sistema de Inferência de Lógica Fuzzy

O sistema de inferências *fuzzy* foi modelado nas três variáveis de entrada e uma de saída. As variáveis foram definidas a partir da análise feita pelo especialista utilizando o modelo Suzanne Rodgers, afim de executar um modelo em lógica difusa mais próximo da realidade de estudos aplicados ao posto de trabalho na Figura 9.

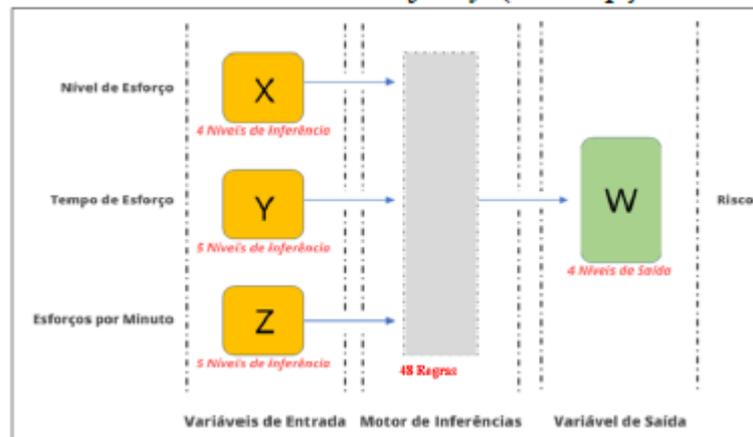


Figura 9 - Estrutura do modelo *fuzzy* (Concepção do modelo).

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2022).

O modelo consiste em três variáveis de entrada, sendo elas denominadas de “*Nível Esforço*”, “*Tempo Esforço*” e “*Esforço Por Minuto*”, sendo elas retiradas da ferramenta ergonômica “modelo Suzanne Rodgers” aplicado pelo especialista. A variável de saída nomeada de “*Risco*” é o alvo ao qual se chegar. Foram utilizadas 48 regras no motor de inferências *fuzzy*. Os dados tratados da Figura 10 mostra a sequência no Matlab disponível no Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM) para tanto os passos abaixo serão importantes para a inclusão dos dados da AET para a lógica *fuzzy*.

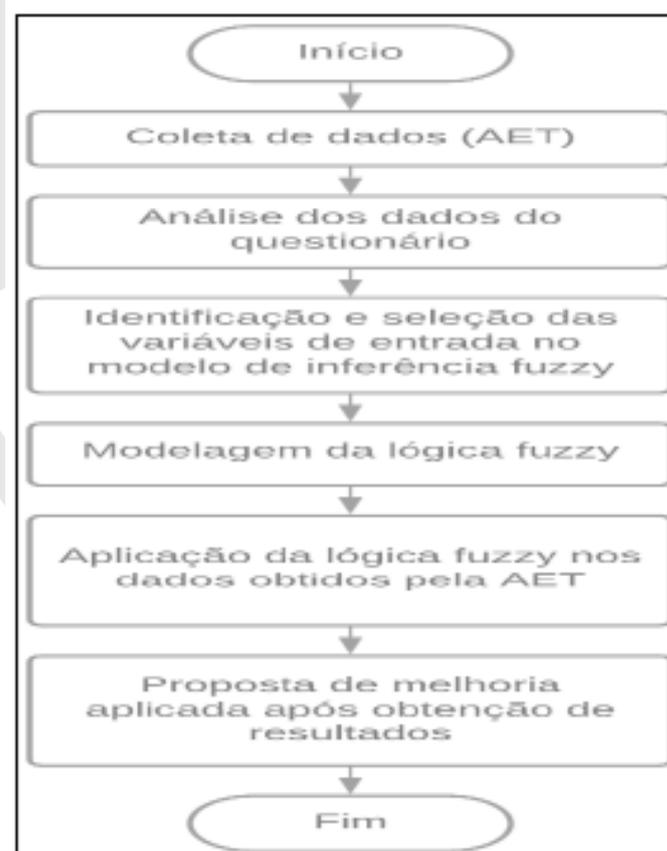


Figura 10 - Fluxograma da metodologia aplicada.

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2022).

### 3.5 Descrição das Tarefas e Atividades da Aplicação

Para melhor entendimento a ser abordado sobre o tema, será necessário a descrição do processo de produção abaixo para podermos iniciar a AET que se originou, a partir da necessidade de atendimento à Norma Regulamentadora 17 e também na busca da empresa para a realização de um levantamento técnico e os resultados serem discutidos em busca de melhorias das condições gerais de trabalho e de seus trabalhadores.

Neste sentido faz-se necessário a apresentação e análise das atividades com as respectivas imagens sequenciais demonstrando os processos, referentes a execução de procedimentos realizados pelo trabalhador para um ciclo completo de operação, demonstrando os principais gestos, posturas, raciocínios, esforços etc., empregados para executar as tarefas prescritas na instrução de trabalho, a fim de evidenciar possíveis inadequações caso haja descompasso entre o que é exigido pela empresa e o que de fato é executado pelo trabalhador e quais estratégias usadas, de modo a fornecer subsídios para as recomendações de melhoria.

Torna-se necessário também avaliar as condições biomecânicas através de uma análise de repetitividade, quantificação de força, presença de compressão mecânica, posturas inadequadas, fontes vibratórias, movimentação de carga, trabalho em pé e sentado. Observando os aspectos da organização do trabalho, análise da jornada de trabalho, períodos de pausas e de micro pausas, atendimentos às necessidades pessoais fora das paradas programadas, sistema de produção. Não encontrado fonte diferente.

Propõe-se a observar através de um estudo ergonômico e analítico na qualidade das análises executadas nos sete postos descritos na Figura 11, incluindo a pega, localização, conservação, condição de funcionamento, emissão de vibração, nível de força, existência de quinas-vivas, peso, balancim, modelos de alicates, tesouras, botões e botoeiras, maniveis, alavancas, JIGs, parafusadeiras, bancada de trabalho, incluindo uma entrevista com o trabalhador que foram realizadas no próprio posto de trabalho a fim de criar envolvimento e levantar possíveis queixas, dificuldades, observações, etc.



Figura 11 - Fluxograma da produção do rádio veicular Toyota.

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2022).

### 3.6 Aplicação da Inteligência Artificial utilizando as ferramentas Lógica Fuzzy na AET

Após a análise dos movimentos dos membros superiores (pescoço, ombro, tronco, braços, mãos, dedos e punhos) do processo industrial de fabricação dos rádios automotivos realizados com o

conhecimento do especialista em ergonomia, baseado na metodologia Suzanne Rodgers nos sete postos estudados, torna-se necessário a inclusão da *lógica fuzzy*.

### 3.6.1 Visão do Especialista com a Inclusão da Lógica Fuzzy

Nos sete postos de trabalho, observou-se a AET na movimentação dos membros superiores, nas principais tarefas avaliadas que envolvem: pinçamentos, conexões com cabos, colocação de película, etiqueta, preensões com as mãos, parafusamentos, scanners, flexão dos braços e rotação do corpo com início no posto 1 até o posto 7. Na metodologia Suzanne Rodgers observa-se as movimentações do pescoço, ombros, tronco, braços e antebraços, mãos dedos e punhos com os respectivos (avaliações dos níveis de esforço que variam de baixo, moderado e pesado), (tempo de esforço que variam de zero segundos até maior que 30 segundos) e finalizando (esforço por minutos que inicia-se em 0 esforços até maior que 15 esforços) que seguem nas tabelas que são bem explicados com a utilização de números que foram aplicados conforme as observações na Figura 27.

|                         |  | NÍVEL DE ESFORÇO |              | TEMPO DE ESFORÇO |              | ESFORÇOS POR MIN. |                |             |               |  |                |              |
|-------------------------|--|------------------|--------------|------------------|--------------|-------------------|----------------|-------------|---------------|--|----------------|--------------|
|                         |  | 1 - Baixo        | 2 - Moderado | 3 - Pesado       | 1- 0 a 6 seg | 2- 6 a 20 seg     | 3- 20 a 30 seg | 4- > 30 seg | 1- 0 a 1 esf. | 2- 1 a 5 esf.  | 3- 5 a 15 esf. | 4- > 15 esf. |
|                         |  | E                | D            | E                | D            | E                 | D              | E           | D             | Classific.   |                |              |
|                         |  | E                | D            | E                | D            | E                 | D              | E           | D             | E D  |                |              |
| <b>RESULTADOS</b>       |  |                  |              |                  |              |                   |                |             |               |  |                |              |
|                         |  |                  |              |                  |              |                   |                |             |               | <b>VERDE</b> Demais Combinações  |                |              |
|                         |  |                  |              |                  |              |                   |                |             |               | <b>AMARELO</b> 1 2 3<br>1 3 2<br>2 1 3<br>2 2 2<br>2 3 1<br>2 3 2<br>3 1 2 |                |              |
|                         |  |                  |              |                  |              |                   |                |             |               | <b>VERMELHO</b> 2 2 3<br>3 1 3<br>3 2 1<br>3 2 2                           |                |              |
|                         |  |                  |              |                  |              |                   |                |             |               | <b>VIOLETA</b> 3 2 3<br>3 3 1<br>3 3 2<br>X 4 X<br>X X 4                   |                |              |
| <b>RESULTADO FINAL:</b> |  |                  |              |                  |              |                   |                |             |               | <b>RISCO MODERADO</b>  |                |              |

Figura 27 - Montagem do faceplate.

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

As avaliações tem início no posto1 com os resultados da Figura 28, na coluna pescoço com nível de esforço baixo, tempo de esforço baixo e esforço por minuto com as seguintes combinações (1,2,3) moderado, mãos, dedos e punhos por nível de esforço baixo, tempo de esforço baixo e esforço por minuto moderado (2,1,3) definidos na metodologia de Suzanne Rodgers pela cor amarela pelas combinações considerado risco moderado. Os dados da Figura 28 precisam estar corretos e adequados a realidade do trabalhador, esses dados mostram as movimentações realizadas nos membros superiores e inferiores dos trabalhadores incluindo também as observações que são realizadas em relação ao uso de ferramenta de trabalho, layout, climatização, iluminação etc. Na aplicação da lógica fuzzy, observou-se nos que nas movimentações do pescoço, ombros, tronco, braços e antebraços, mãos dedos e punhos com os respectivos avaliações: Níveis de esforço que variam de baixo, moderado e pesado, Tempo de esforço que variam de zero segundos até maior que 30 segundos e finalizando o Esforço por minutos que inicia-se em 0 esforços até maior que 15 esforços são substituídos por variáveis numéricas abaixo com os seguintes valores em consonância com a Tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis numéricas utilizadas no modelo *fuzzy*.

| Nível de Esforço | Tempo de Esforço | Esforço por Minuto |
|------------------|------------------|--------------------|
| 1 = 15           | 1 = 4            | 1 = 0,5            |
| 2 = 55           | 2 = 15           | 2 = 3              |
|                  | 3 = 28           | 3 = 10             |
| 3 = 90           | 4 = 45           | 4 = 23             |

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

No Matlab deve-se substituir todos os valores que foram descritos pelo profissional em ergonomia apresentado e preenchida na Tabela 1 e com os dados da tabela 3 que devem auxiliar e substituir com a mesma equivalência para a criação da Tabela 4 surgindo a simulação da lógica fuzzy com o surgimento de cores na coluna variável linguística. As variáveis de saída ficaram em 0,555 para a cor verde considerado (risco baixo) e 1,92 para a cor amarela (risco moderado), conforme Tabela 2 o risco da atividade pode ser caracterizado pelas cores da variável linguística em acordo com o resultado apresentado pelo especialista em ergonomia. No caso das variáveis linguísticas de cores vermelha e violeta, não foram contempladas nesta pesquisa devido ao não enquadramento de risco pesado para vermelho ou níveis acima do permitido no caso a cor violeta.

Tabela 2 - Modelos de números respectivos do sistema com lógica fuzzy.

| Tarefas | Membros | Nível Esforço | Tempo Esforço | Esforço Minuto | Variáveis | Variável Linguística |
|---------|---------|---------------|---------------|----------------|-----------|----------------------|
| A       | A       | 15            | 4             | 0,5            | 0,555     | Verde                |
| B       | B       | 55            | 15            | 3              | 1,92      | Amarelo              |
| C       | C       | 90            | 28            | 10             | 0,0       | Vermelho             |
| D       | D       | 0,0           | 45            | 23             | 0,0       | Violeta              |

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

Daqui em diante será aplicado nas tabelas, os valores numéricos descritos da Tabela 2 e aplicado na Tabela 3, conforme modelo incluindo a lógica fuzzy para posterior comparação com os dados do especialista e os dados do Matlab. No qual, observou-se que na Tabela 3, não houve alteração do que já foi abordado e os resultado são equivalentes.

Tabela 3 - Simulação feita com lógica *fuzzy*.

| Membros             | Tarefas Avaliadas | Nível de Esforço |         | Tempo de Esforço |         | Esforço por Minuto |         | Resultado |         |
|---------------------|-------------------|------------------|---------|------------------|---------|--------------------|---------|-----------|---------|
|                     |                   | Esquerda         | Direita | Esquerda         | Direita | Esquerda           | Direita | Esquerda  | Direita |
| Pescoço             | A/D               | 15               |         | 15               |         | 10                 |         | 1,92      |         |
|                     | A                 | 15               | 15      | 4                | 4       | 10                 | 10      | 0,555     | 0,555   |
| Ombros              | B                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                     | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                     | D                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
| Tronco              | A/D               | 15               |         | 15               |         | 3                  |         | 0,555     |         |
|                     | A                 | 15               | 15      | 4                | 4       | 10                 | 10      | 0,555     | 0,555   |
| Braços e Antebraços | B                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                     | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                     | D                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
| Mãos                | A                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 10                 | 10      | 1,92      | 1,92    |
|                     | B                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
| Dedos Punhos        | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                     | D                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

No posto 2 teste display e montagem do faceplate com os resultados apresentados na Figura 28, na qual identificou-se o pescoço com nível de esforço baixo, tempo de esforço baixo e esforço por minuto moderado com as seguintes combinações (1,2,3) e mãos punhos e dedos por nível de esforço

baixo, tempo de esforço baixo e esforço por minuto moderado com as combinações (2,1,3) avaliou-se os resultados encontrados na metodologia de Suzanne Rodgers classificada pela cor amarela pelas combinações de atividade com risco moderado.

| TAREFAS AVALIADAS  |              |                  |               |                  |                 |              | TAREFAS AVALIADAS  |                |                 |               |                       |                    |   |
|--|--------------|------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------|--|----------------|-----------------|---------------|-----------------------|--------------------|---|
| A Pinçamentos: Retirar película do faceplate, escanear, colocar e retirar faceplate do jig de teste, acionar botoeira, posicionar frontalplate no jig, pegar e colar etiqueta, dispor na mesa. |              |                  |               |                  |                 |              | B Prensão: Parafusar (4x) com equipam. eletrônico e escanear |                |                 |               |                       |                    |   |
|  |              |                  |               |                  |                 |              | C Flexão braço: retirar materiais nos recipientes            |                |                 |               |                       |                    |   |
|  |              |                  |               |                  |                 |              | D Rotação braço: Movimentar tampa de jig e berço do jig      |                |                 |               |                       |                    |   |
| NÍVEL DE ESFORÇO   |              | TEMPO DE ESFORÇO |               | ESFORÇOS POR MN. |                 |              | Classific.   |                | RESULTADOS      |               |                       |                    |   |
| 1 - Baixo  | 2 - Moderado | 3 - Pesado       | 1 - 0 a 6 seg | 2 - 6 a 20 seg   | 3 - 20 a 30 seg | 4 - > 30 seg | 1 - 0 a 1 esf.   | 2 - 1 a 5 esf. | 3 - 5 a 15 esf. | 4 - > 15 esf. | VERDE                 | Demais Combinações |   |
| E  | D            | E                | D             | E                | D               | E            | D  | E              | D               | E             | D                     |                    |   |
| <b>PESCOÇO</b>   |              |                  |               |                  |                 |              |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| A/D  | 1            | 2                | 3             |                  |                 |              |  |                |                 |               |                       | AMARELO            | 1 2 3<br>1 3 2<br>2 1 3<br>2 2 2<br>2 3 1<br>2 3 2<br>3 1 2 |
| <b>OMBROS</b>  |              |                  |               |                  |                 |              |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| A  | 1            | 1                | 1             | 1                | 3               | 3            |  |                |                 |               |                       | VERMELHO           | 2 2 3<br>3 1 3<br>3 2 1<br>3 2 2                            |
| B  | 2            | 2                | 1             | 1                | 2               | 2            |  |                |                 |               |                       | VIOLETA            | 3 2 3<br>3 3 1<br>3 3 2<br>X 4 X<br>X X 4                   |
| C  | 2            | 2                | 1             | 1                | 2               | 2            |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| D  | 3            | 3                | 1             | 1                | 1               | 1            |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| <b>TRONCO</b>  |              |                  |               |                  |                 |              |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| A/D  | 1            | 2                | 2             |                  |                 |              |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| <b>BRAÇOS ANTEBRAÇOS</b>   |              |                  |               |                  |                 |              |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| A  | 1            | 1                | 1             | 1                | 3               | 3            |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| B  | 2            | 2                | 1             | 1                | 2               | 2            |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| C  | 2            | 2                | 1             | 1                | 2               | 2            |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| D  | 3            | 3                | 1             | 1                | 1               | 1            |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| <b>MÃOS DEDOS PUNHOS</b>   |              |                  |               |                  |                 |              |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| A  | 2            | 2                | 1             | 1                | 3               | 3            |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| B  | 2            | 2                | 1             | 1                | 2               | 2            |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| C  | 2            | 2                | 1             | 1                | 2               | 2            |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| D  | 3            | 3                | 1             | 1                | 1               | 1            |  |                |                 |               |                       |                    |   |
| <b>RESULTADO FINAL:</b>  |              |                  |               |                  |                 |              |  |                |                 |               | <b>RISCO MODERADO</b> |                    |   |

Figura 28 - Teste display e montagem frontalplate.

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

Observou-se que na Tabela 4, não houve alteração significativa do que já foi abordado e os resultados são equivalentes. Não havendo alterações substanciais, entende-se que a aplicação da lógica fuzzy pode ser claramente entendida pelas observações das cores e números das variáveis linguísticas e variáveis de saída, propostos nas tabelas em sequência.

Tabela 4 - Simulação feita com lógica fuzzy.

| Membros           | Tarefas Avaliadas | Nível de Esforço |         | Tempo de Esforço |         | Esforço por Minuto |         | Resultado |         |
|-------------------|-------------------|------------------|---------|------------------|---------|--------------------|---------|-----------|---------|
|                   |                   | Esquerda         | Direita | Esquerda         | Direita | Esquerda           | Direita | Esquerda  | Direita |
| Pescoço           | A/D               | 15               |         | 15               |         | 10                 |         | 1,92      |         |
|                   | A                 | 15               | 15      | 4                | 4       | 10                 | 10      | 0,555     | 0,555   |
| Ombros            | B                 |                  | 55      |                  | 4       |                    | 3       |           | 0,555   |
|                   | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                   | D                 | 90               | 90      | 4                | 4       | 0,5                | 0,5     | 0,555     | 0,555   |
| Tronco            | A/D               | 15               |         | 15               |         | 3                  |         | 0,555     |         |
| Braços Antebraços | A                 | 15               | 15      | 4                | 4       | 10                 | 10      | 0,555     | 0,555   |
|                   | B                 |                  | 55      |                  | 4       |                    | 3       |           | 0,555   |
|                   | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                   | D                 | 90               | 90      | 4                | 4       | 0,5                | 0,5     | 0,555     | 0,555   |
| Mãos Dedos Punhos | A                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 10                 | 10      | 1,92      | 1,92    |
|                   | B                 |                  | 55      |                  | 4       |                    | 3       |           | 0,555   |
|                   | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                   | D                 | 90               | 90      | 4                | 4       | 0,5                | 0,5     | 0,555     | 0,555   |

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

No posto 3 montagem do PCI main em chassi encontrou-se os seguintes resultados na Figura 29, para o pescoço (1,2,3) ombros (2,1,3) tronco (1,2,2) braços e antebraços (1,1,3) mãos, dedos e punhos (2,1,3). Concluímos que o risco ergonômico encontrado é moderado.

| TAREFAS AVALIADAS   |   |                  |   |                   |   | TAREFAS AVALIADAS   |                |                          |  |  |  |
|---|---|------------------|---|-------------------|---|---|----------------|--------------------------|--|--|--|
| A<br>Pinçamentos: Posic PCI no jig, encabixar shield cap tuner na PCI, colocar conector shielding holder sobre PCI, montar amp heatsink e amp heatsink holder e colocar sobre PCI, posicionar chassi, posic PCI sobre chassi, colocar conj na mesa. |   |                  |   |                   |   | B<br>Prensão: Aplicar pasta térmica com equipam... escanear |                |                          |  |  |  |
|   |   |                  |   |                   |   | C<br>Flexão braço: retirar materiais nos recipientes        |                |                          |  |  |  |
|   |   |                  |   |                   |   | D<br>Rotação braço: Movimentar tampa de jig e berço do jig  |                |                          |  |  |  |
| NÍVEL DE ESFORÇO  |   | TEMPO DE ESFORÇO |   | ESFORÇOS POR MIN. |   | Classific.  |                | RESULTADOS               |  |  |  |
| 1 - Baixo   |   | 1 - 0 a 6 seg    |   | 1 - 0 a 1 esf.    |   | E D   |                | VERDE Demais Combinações |  |  |  |
| 2 - Moderado  |   | 2 - 6 a 20 seg   |   | 2 - 1 a 5 esf.    |   |   |                | AMARELO 1 2 3            |  |  |  |
| 3 - Pesado  |   | 3 - 20 a 30 seg  |   | 3 - 5 a 15 esf.   |   |   |                | 2 1 3                    |  |  |  |
|   |   | 4 - > 30 seg     |   | 4 - > 15 esf.     |   |   |                | 2 2 2                    |  |  |  |
|   |   |                  |   |                   |   |   |                | 2 3 1                    |  |  |  |
|   |   |                  |   |                   |   |   |                | 2 3 2                    |  |  |  |
|   |   |                  |   |                   |   |   |                | 3 1 2                    |  |  |  |
| PESCOÇO   |   | 1                |   | 2                 |   | 3   |                |                          |  |  |  |
| A/D   |   |                  |   |                   |   |   |                |                          |  |  |  |
| OMBROS  |   | 1                |   | 1                 |   | 3   |                |                          |  |  |  |
| A   | 2 | 2                | 1 | 1                 | 3 | 3   |                |                          |  |  |  |
| B   | 2 | 2                | 1 | 1                 | 2 | 2   |                |                          |  |  |  |
| TRONCO  |   | 1                |   | 2                 |   | 2   |                |                          |  |  |  |
| A/D   |   |                  |   |                   |   |   |                |                          |  |  |  |
| BRAÇOS ANTEBRAÇOS   |   | 1                |   | 1                 |   | 3   |                |                          |  |  |  |
| A   | 1 | 1                | 1 | 1                 | 3 | 3   |                |                          |  |  |  |
| B   | 2 | 2                | 1 | 1                 | 2 | 2   |                |                          |  |  |  |
| MÃOS DEDOS PUNHOS   |   | 1                |   | 1                 |   | 2   |                |                          |  |  |  |
| A   | 2 | 2                | 1 | 1                 | 3 | 3   |                |                          |  |  |  |
| B   | 2 | 2                | 1 | 1                 | 2 | 2   |                |                          |  |  |  |
| C   | 2 | 2                | 1 | 1                 | 2 | 2   | VERMELHO 2 2 3 |                          |  |  |  |
| D   | 2 | 3                | 1 | 1                 | 1 | 1   | 3 1 3          |                          |  |  |  |
|   |   |                  |   |                   |   |   | 3 2 1          |                          |  |  |  |
|   |   |                  |   |                   |   |   | 2 3 2          |                          |  |  |  |
|   |   |                  |   |                   |   |   | 3 1 2          |                          |  |  |  |
|   |   |                  |   |                   |   |   | VIOLETA 3 2 3  |                          |  |  |  |
|   |   |                  |   |                   |   |   | 3 3 1          |                          |  |  |  |
|   |   |                  |   |                   |   |   | 3 3 2          |                          |  |  |  |
|   |   |                  |   |                   |   |   | X 4 X          |                          |  |  |  |
|   |   |                  |   |                   |   |   | X X 4          |                          |  |  |  |
| <b>RESULTADO FINAL:</b>   |   |                  |   |                   |   |   |                | <b>RISCO MODERADO</b>    |  |  |  |

Figura 29 - Montagem da PCI main em chassi.

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

Observa-se que na Figura 29 e Tabela 5, não houve alteração significativa do que já foi simulado e os resultados são equivalentes, entende-se que a aplicação da lógica fuzzy é possível.

Tabela 5 - Simulação feita com lógica *fuzzy*.

| Membros           | Tarefas Avaliadas | Nível de Esforço |         | Tempo de Esforço |         | Esforço por Minuto |         | Resultado |         |
|-------------------|-------------------|------------------|---------|------------------|---------|--------------------|---------|-----------|---------|
|                   |                   | Esquerda         | Direita | Esquerda         | Direita | Esquerda           | Direita | Esquerda  | Direita |
| Pesçoço           | A/D               | 15               |         | 15               |         | 10                 |         | 1,92      |         |
|                   | A                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 10                 | 10      | 1,92      | 1,92    |
| Ombros            | B                 |                  | 55      |                  | 4       |                    | 3       |           | 0,555   |
|                   | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                   | D                 | 55               | 90      | 4                | 4       | 0,5                | 0,5     | 0,555     | 0,555   |
| Tronco            | A/D               | 15               |         | 15               |         | 3                  |         | 0,555     |         |
| Braços Antebraços | A                 | 15               | 15      | 4                | 4       | 10                 | 10      | 0,555     | 0,555   |
|                   | B                 |                  | 55      |                  | 4       |                    | 3       |           | 0,555   |
| Mãos Dedos Punhos | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                   | D                 | 55               | 90      | 4                | 4       | 0,5                | 0,5     | 0,555     | 0,555   |
|                   | A                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 10                 | 10      | 1,92      | 1,92    |
| Mãos Dedos Punhos | B                 |                  | 55      |                  | 4       |                    | 3       |           | 0,555   |
|                   | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
| Mãos Dedos Punhos | D                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 0,5                | 0,5     | 0,555     | 0,555   |

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

No posto 4 montagem do faceplate no chassi encontrou-se os seguintes resultados na Figura 30, para o pesçoço (1,2,3) ombros (2,1,3) tronco (1,2,2) braços e antebraços (1,1,3) mãos, dedos e punhos (2,1,3). Concluímos que o risco ergonômico encontrado é moderado.

| TAREFAS AVALIADAS   |                 |                  |   |                   |   | TAREFAS AVALIADAS   |          |            |        |                       |  |
|---|-----------------|------------------|---|-------------------|---|---|----------|------------|--------|-----------------------|--|
| A Pinçamentos e pega palmar: Posic chassi no jig, montar bottom case no chassi, posic chassi em prensa, montar faceplate em chassi, posic chassi em jig de parafusam. |                 |                  |   |                   |   | B Preensão: Parafusar (11x) com equipam. eletrônico e escanear    |          |            |        |                       |  |
|   |                 |                  |   |                   |   | C Flexão braço: rebitar materiais nos recipientes                 |          |            |        |                       |  |
|   |                 |                  |   |                   |   | D Rotação braço: Movimentar tampa de jig, rodar jig de parafusam. |          |            |        |                       |  |
| NIVEL DE ESFORÇO  |                 | TEMPO DE ESFORÇO |   | ESFORÇOS POR MIN. |   | Classifc.   |          | RESULTADOS |        |                       |  |
| 1 - Baixo   | 1 - 0 a 6 seg   | 1 - 0 a 1 esf    |   |                   |   |   | VERDE    |            | Demais |                       |  |
| 2 - Moderado  | 2 - 6 a 20 seg  | 2 - 1 a 5 esf.   |   |                   |   |   | AMARELO  |            | 1 2 3  |                       |  |
| 3 - Pesado  | 3 - 20 a 30 seg | 3 - 5 a 15 esf.  |   |                   |   |   | VERMELHO |            | 2 1 3  |                       |  |
| 4 - > 30 seg  | 4 - > 30 seg    | 4 - > 15 esf.    |   |                   |   |   | VIOLETA  |            | 2 2 2  |                       |  |
| E   | D               | E                | D | E                 | D | E   | D        | Combinções |        |                       |  |
| <b>PESCOÇO</b> A/D 1 2 3  |                 |                  |   |                   |   |   |          |            |        |                       |  |
| <b>OMBROS</b> A 2 2 1 1 3 3   |                 |                  |   |                   |   |   |          |            |        |                       |  |
| B 2 2 1 1 3 3   |                 |                  |   |                   |   |   |          |            |        |                       |  |
| C 2 2 1 1 2 2   |                 |                  |   |                   |   |   |          |            |        |                       |  |
| D 2 2 1 1 3 3   |                 |                  |   |                   |   |   |          |            |        |                       |  |
| <b>TRONCO</b> A/D 1 2 2   |                 |                  |   |                   |   |   |          |            |        |                       |  |
| <b>BRAÇOS ANTEBRAÇOS</b> A 2 2 1 1 3 3  |                 |                  |   |                   |   |   |          |            |        |                       |  |
| B 2 2 1 1 3 3   |                 |                  |   |                   |   |   |          |            |        |                       |  |
| C 2 2 1 1 2 2   |                 |                  |   |                   |   |   |          |            |        |                       |  |
| D 2 2 1 1 3 3   |                 |                  |   |                   |   |   |          |            |        |                       |  |
| <b>MÃOS DEDOS PUNHOS</b> A 2 2 1 1 3 3  |                 |                  |   |                   |   |   |          |            |        |                       |  |
| B 2 2 1 1 3 3   |                 |                  |   |                   |   |   |          |            |        |                       |  |
| C 2 2 1 1 2 2   |                 |                  |   |                   |   |   |          |            |        |                       |  |
| D 2 2 1 1 3 3   |                 |                  |   |                   |   |   |          |            |        |                       |  |
| <b>RESULTADO FINAL:</b>   |                 |                  |   |                   |   |   |          |            |        | <b>RISCO MODERADO</b> |  |

Figura 30 - Montagem do faceplate no chassi.

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

Observa-se que na Figura 30 e Tabela 6, não houve alteração significativa do simulado e os resultados são equivalentes, entende-se que a aplicação da lógica fuzzy possível.

Tabela 6 - Simulação feita com lógica *fuzzy*.

| Membros             | Tarefas Avaliadas | Nível de Esforço |         | Tempo de Esforço |         | Esforço por Minuto |         | Resultado |         |
|---------------------|-------------------|------------------|---------|------------------|---------|--------------------|---------|-----------|---------|
|                     |                   | Esquerda         | Direita | Esquerda         | Direita | Esquerda           | Direita | Esquerda  | Direita |
| Pescoço             | A/D               | 15               |         | 15               |         | 10                 |         | 1,92      |         |
|                     | A                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 10                 | 10      | 1,92      | 1,92    |
|                     | B                 |                  | 55      |                  | 4       |                    | 10      |           | 1,92    |
| Ombros              | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                     | D                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 10                 | 10      | 1,92      | 1,92    |
|                     | A/D               | 15               |         | 15               |         | 3                  |         | 0,555     |         |
| Tronco              | A                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 10                 | 10      | 1,92      | 1,92    |
|                     | B                 |                  | 55      |                  | 4       |                    | 10      |           | 1,92    |
|                     | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
| Braços Antebraços   | D                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 10                 | 10      | 1,92      | 1,92    |
|                     | A                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 10                 | 10      | 1,92      | 1,92    |
|                     | B                 |                  | 55      |                  | 4       |                    | 10      |           | 1,92    |
| Mãos Dedos e Punhos | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                     | D                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 10                 | 10      | 1,92      | 1,92    |

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

No posto 5 Teste funcional AFT encontrou-se os seguintes resultados na Figura 31, para o pescoço (2,2,2) ombros (2,2,2) tronco (1,2,2) braços e antebraços (1,2,2) mãos, dedos e punhos (2,2,2). Concluímos que o risco ergonômico encontrado é moderado.



| TAREFAS AVALIADAS   |                 |                  |  |                  |  | TAREFAS AVALIADAS   |  |            |                |  |  |
|---|-----------------|------------------|--|------------------|--|---|--|------------|----------------|--|--|
| A Preensão palmar: Pegar aparelho no carrinho, passar aparelho de frente ao escâner, posicionar aparelho no jig de teste. Retirar aparelho do jig (depois de pronto) e colocar em carrinho. |                 |                  |  |                  |  | B Pinça pupar: Abrir e fechar alavanca do jig, pegar e posic cone |  |            |                |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  | C Compressão digital: uso de teclas e botão durante o teste       |  |            |                |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  | D Hiperextensão de pescoço: visualizar monitor sobre eqplo. teste |  |            |                |  |  |
| NÍVEL DE ESFORÇO  |                 | TEMPO DE ESFORÇO |  | ESFORÇOS POR MN. |  | Classific.  |  | RESULTADOS |                |  |  |
| 1 - Baixo   | 1 - 0 a 6 seg   | 1 - 0 a 1 esf.   |  |                  |  |   |  | VERDE      | Demais         |  |  |
| 2 - Moderado  | 2 - 6 a 20 seg  | 2 - 1 a 5 esf.   |  |                  |  |   |  | AMARELO    | 1 2 3          |  |  |
| 3 - Pesado  | 3 - 20 a 30 seg | 3 - 5 a 15 esf.  |  |                  |  |   |  |            | 1 3 2          |  |  |
|   | 4 - > 30 seg    | 4 - > 15 esf.    |  |                  |  |   |  |            | 2 1 3          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 2 2 2          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 2 3 1          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 2 3 2          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 3 1 2          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | VERMELHO 2 2 3 |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 3 1 3          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 3 2 1          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 3 2 2          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | VIOLETA 3 2 3  |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 3 3 1          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 3 3 2          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | X 4 X          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | X X 4          |  |  |
| <b>RESULTADO FINAL:</b>   |                 |                  |  |                  |  | <b>RISCO MODERADO</b>   |  |            |                |  |  |

Figura 33 - Teste funcional MFT.

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

Observa-se que na Figura 34 e Tabela 8, não houve alteração significativa do simulado e os resultados são equivalentes, entende-se que a aplicação da lógica fuzzy possível.

Tabela 8 - Simulação feita com lógica *fuzzy*.

| Membros           | Tarefas Avaliadas | Nível de Esforço |         | Tempo de Esforço |         | Esforço por Minuto |         | Resultado |         |
|-------------------|-------------------|------------------|---------|------------------|---------|--------------------|---------|-----------|---------|
|                   |                   | Esquerda         | Direita | Esquerda         | Direita | Esquerda           | Direita | Esquerda  | Direita |
| Pescoço           | D                 | 55               | 55      | 15               | 15      | 3                  | 3       | 1,92      |         |
|                   | A                 | 55               | 55      | 15               | 15      | 3                  | 3       | 1,92      | 1,92    |
| Ombros            | B                 | 15               | 15      | 15               | 15      | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                   | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
| Tronco            | A/D               | 15               | 15      | 15               | 15      | 3                  | 3       | 0,555     |         |
|                   | A                 | 15               | 15      | 15               | 15      | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
| Braços Antebraços | B                 | 15               | 15      | 15               | 15      | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                   | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
| Mãos Dedos Punhos | A                 | 55               | 55      | 15               | 15      | 3                  | 3       | 1,92      | 1,92    |
|                   | B                 | 15               | 15      | 15               | 15      | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                   | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

| TAREFAS AVALIADAS   |                 |                  |  |                  |  | TAREFAS AVALIADAS   |  |            |                |  |  |
|---|-----------------|------------------|--|------------------|--|---|--|------------|----------------|--|--|
| A Preensão palmar: Pegar aparelho no carrinho, posicionar no jig de teste, manusear aparelho para inspecionar, chacoalhar aparelho, passar de frente ao escâner, retirar aparelho do jig, segurar ao escanear etiquetas, colocar aparelho na caixa. |                 |                  |  |                  |  | B Compressão digital: Fazer limpeza do painel do aparelho |  |            |                |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  | C Pinçamento: colar etiqueta, aplicar película            |  |            |                |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  | D Flexão de pescoço: visualizar aparelho durante inspeção |  |            |                |  |  |
| NÍVEL DE ESFORÇO  |                 | TEMPO DE ESFORÇO |  | ESFORÇOS POR MN. |  | Classific.  |  | RESULTADOS |                |  |  |
| 1 - Baixo   | 1 - 0 a 6 seg   | 1 - 0 a 1 esf.   |  |                  |  |   |  | VERDE      | Demais         |  |  |
| 2 - Moderado  | 2 - 6 a 20 seg  | 2 - 1 a 5 esf.   |  |                  |  |   |  | AMARELO    | 1 2 3          |  |  |
| 3 - Pesado  | 3 - 20 a 30 seg | 3 - 5 a 15 esf.  |  |                  |  |   |  |            | 1 3 2          |  |  |
|   | 4 - > 30 seg    | 4 - > 15 esf.    |  |                  |  |   |  |            | 2 1 3          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 2 2 2          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 2 3 1          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 2 3 2          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 3 1 2          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | VERMELHO 2 2 3 |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 3 1 3          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 3 2 1          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 3 2 2          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | VIOLETA 3 2 3  |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 3 3 1          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | 3 3 2          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | X 4 X          |  |  |
|   |                 |                  |  |                  |  |   |  |            | X X 4          |  |  |
| <b>RESULTADO FINAL:</b>   |                 |                  |  |                  |  | <b>RISCO MODERADO</b>                                     |  |            |                |  |  |

Figura 34 - Embalagem e paletização.

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

Observa-se que na Figura 35 e Tabela 9, não houve alteração significativa do simulado e os resultados são equivalentes, entende-se que a aplicação da lógica fuzzy possível.

Tabela 9 - Simulação feita com lógica *fuzzy*.

| Membros           | Tarefas Avaliadas | Nível de Esforço |         | Tempo de Esforço |         | Esforço por Minuto |         | Resultado |         |
|-------------------|-------------------|------------------|---------|------------------|---------|--------------------|---------|-----------|---------|
|                   |                   | Esquerda         | Direita | Esquerda         | Direita | Esquerda           | Direita | Esquerda  | Direita |
| Pescoço           | D                 | 55               |         | 15               |         | 3                  |         | 1,92      |         |
|                   | A                 | 55               | 55      | 15               | 15      | 3                  | 3       | 1,92      | 1,92    |
| Ombros            | B                 | 15               |         | 15               |         | 3                  |         | 0,555     |         |
|                   | C                 | 15               | 15      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                   |                   |                  |         |                  |         |                    |         |           |         |
| Tronco            | A                 | 55               |         | 4                |         | 3                  |         | 0,555     |         |
|                   | A                 | 55               | 55      | 15               | 15      | 3                  | 3       | 1,92      | 1,92    |
| Braços Antebraços | B                 | 15               |         | 15               |         | 3                  |         | 0,555     |         |
|                   | C                 | 15               | 15      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |
|                   |                   |                  |         |                  |         |                    |         |           |         |
| Mãos Dedos        | A                 | 55               |         | 15               |         | 3                  |         | 1,92      |         |
|                   | B                 | 15               |         | 15               |         | 3                  |         | 0,555     |         |
| Punhos            | C                 | 55               | 55      | 4                | 4       | 3                  | 3       | 0,555     | 0,555   |

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

### 3.7 Resultados do Algoritmo Fuzzy para a Tomada de Decisão

A modelagem da lógica fuzzy baseando-se na metodologia Suzanne Rodgers na Figura 35, mostra as funções trapezoidais e pertinências que são analisadas as variáveis em análise possui quatro níveis de inferência, sendo eles: “Baixo”, “Moderado” e “Pesado” que ficam claramente identificadas após a imputação de dados ao sistema.

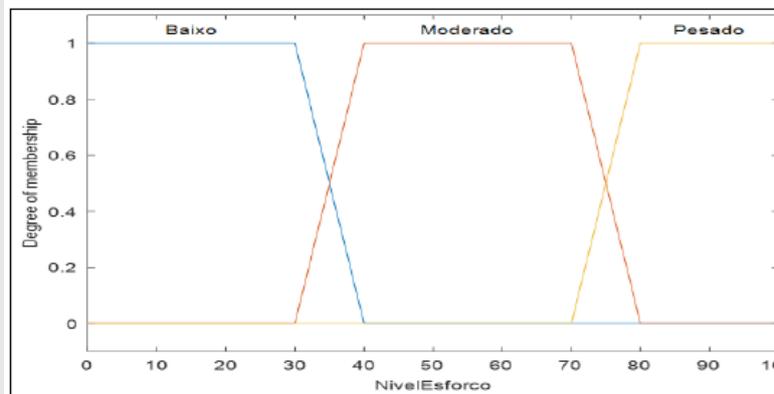


Figura 35 - Variável de entrada (Nível de Esforço).

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

Figura 36 mostra a modelagem do tempo de esforço aplicado pelo trabalhador nos sete postos de trabalho e demonstrados a seguir a sua importância para uma análise visual do comportamento do grau de pertinência desta função. No qual possui cinco níveis de inferência, sendo eles nulo, pouco, mediano, muito, demais demonstrado na modelagem.

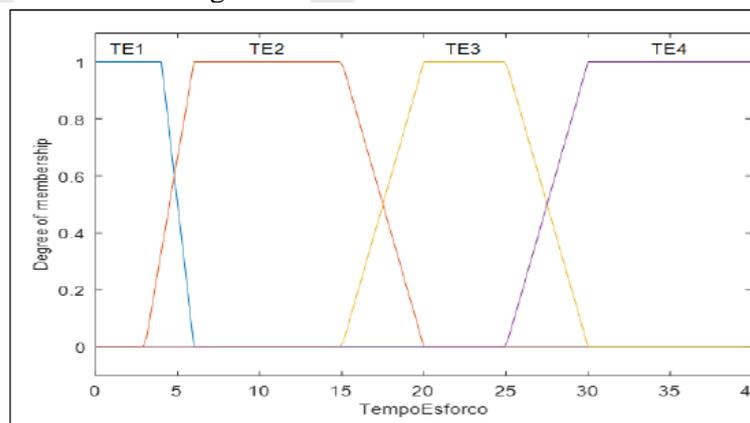


Figura 36 - Variável de entrada (Tempo de Esforço).

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

A Figura 37 mostra a modelagem do esforço por minuto aplicado pelo trabalhador nos sete postos de trabalho e demonstrados a seguir a sua importância para uma análise visual do comportamento do grau de pertinência desta função. No qual possui cinco níveis de inferência, sendo eles nulo, muito pouco, razoável.

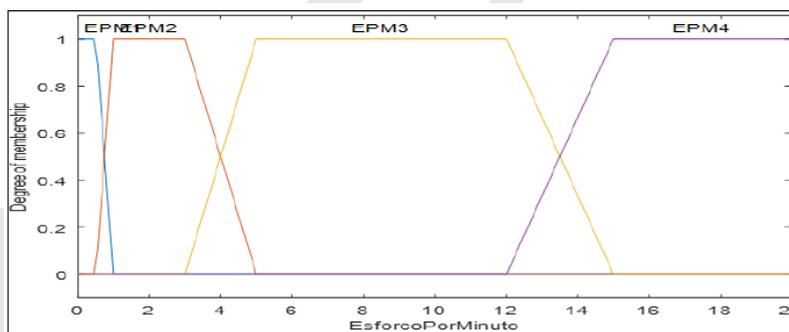


Figura 37 - Variável de entrada (Esforço por minuto).

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

A Figura 38 mostra as variáveis de saída com o resultado final no qual se deseja alcançar os resultados nas denominações de “riscos e combinações” denominados de “Verde”, “Amarelo”, “Vermelho” e “Violeta”.

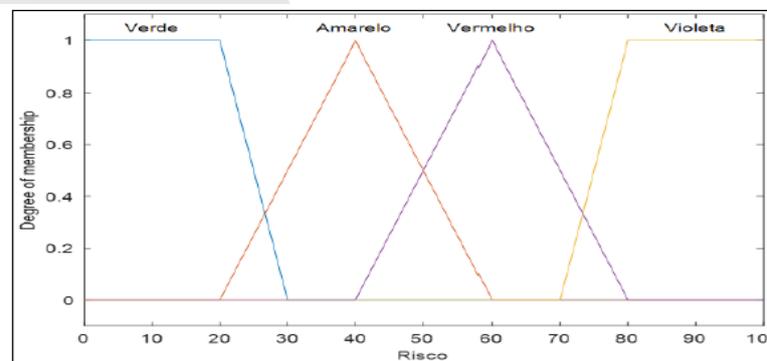


Figura 38 - Variável de saída (Risco).

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

### 3.7.1 Resultados da Simulação dos postos de Trabalho

Os resultados alcançados no toolbox do Matlab®, na Figura 39, contém os valores nas variáveis de entrada, retornando o valor do *Risco* (49,2 ou seja, aproximadamente 49% de risco vermelho e 51% de amarelo), resultante da combinação de valores do “Nível de Esforço” de 50, “Tempo de Esforço” com 16 e “Esforço por Minuto” com um valor numérico de 10.

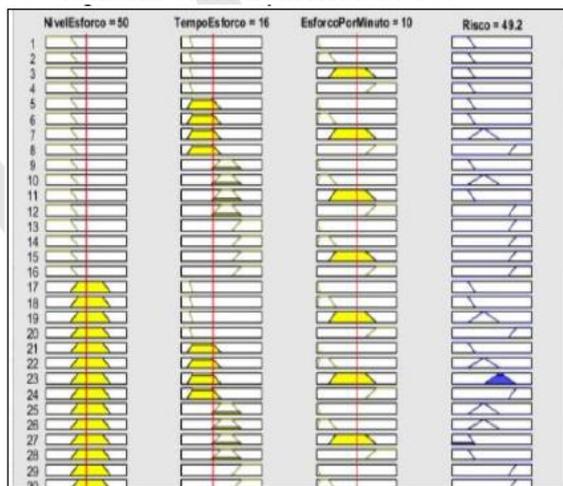


Figura 39 - Simulação do Posto de Trabalho.

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

Na Figura 40, mostra o resultado da coluna risco na Figura 39 com os resultados valor do *Risco* (49,2 ou seja, aproximadamente 49% de risco vermelho e 51% de amarelo) que os resultados apresentados são equivalentes a ferramenta ergonômica aplicada pela metodologia Suzanne Rodgers, que serão apresentados nas Figuras 41 e Figura 42.

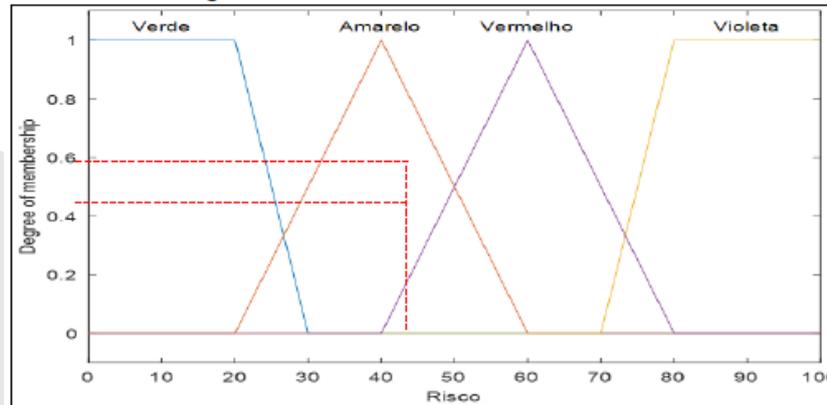


Figura 40 - Variável de saída “Risco”.

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

Na Figura 41, mostra o resultado do simulador, adicionado valores nas variáveis de entrada, retornando um valor na variável de saída “Risco”, é de 34,5, resultante da “Nível de Esforço” com um valor de 21,3, “Tempo de Esforço” com 16 e “Esforço por Minuto” com um valor numérico de 10.

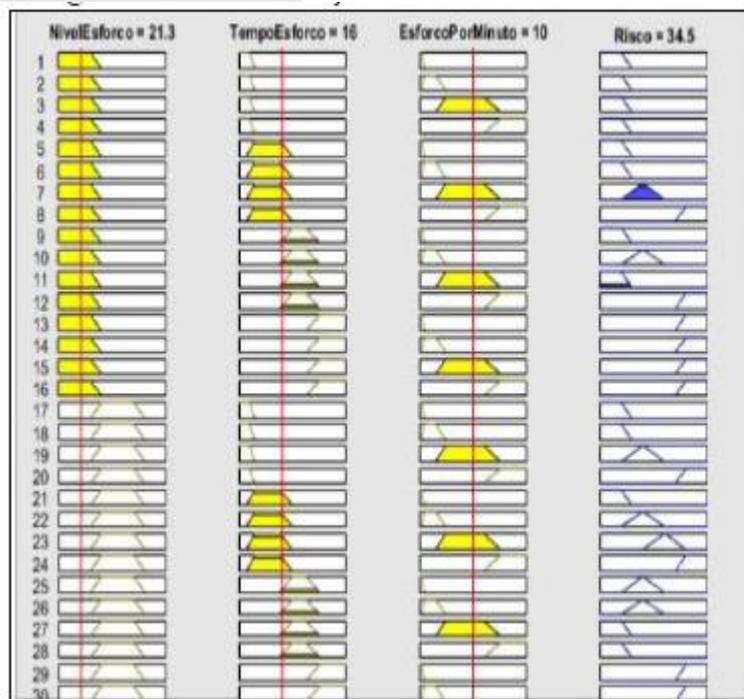


Figura 41. Simulação dos Posto de Trabalho.

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

Na Figura 42 mostra o resultado, nas variáveis de entrada, retornando um valor na variável de saída “Risco”, é de 87,2, resultante da “Nível de Esforço” com um valor de 21,3, “Tempo de Esforço” com 16 e “Esforço por Minuto” com um valor numérico de 15,7.

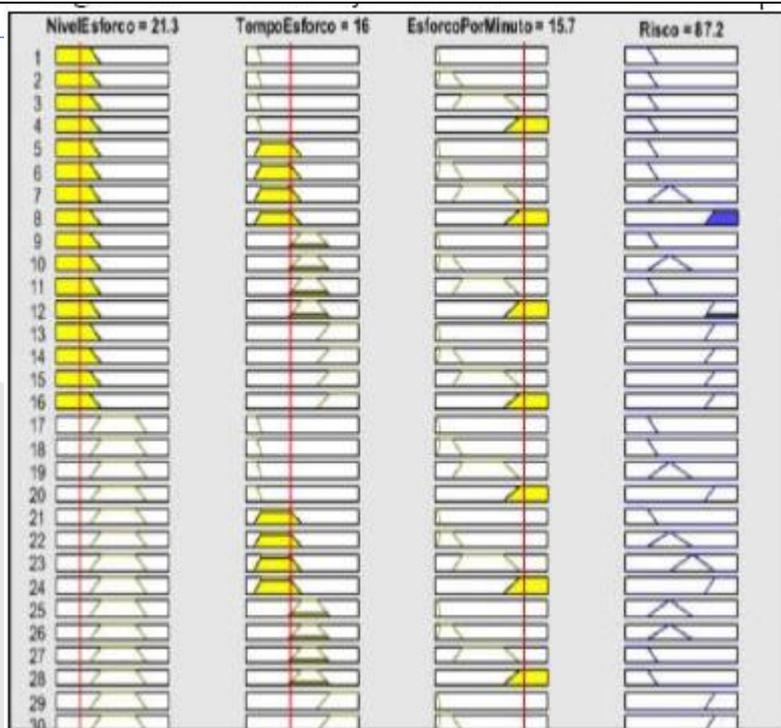


Figura 42 - Simulação dos Postos de Trabalho.  
Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

### 3.7.2 Gráficos de Superfície

Na Figura 43 é mostrado o gráfico de superfície gerado pelo sistema de inferência fuzzy modelado, no qual pode se observar que possui três dimensões sendo elas as variáveis de entrada “Nível de Esforço”, “Tempo de Esforço” e a variável de saída “Risco”. No eixo x está localizada a variável de entrada “Nível de Esforço” com um range de 0 a 100, no eixo y, localiza-se a variável de entrada “Tempo de Esforço” com um intervalo entre 0 a 40 e a variável de saída “Risco” se encontra no eixo z, com um intervalo entre 0 a 80, com os mesmos parâmetros que estão configuradas as variáveis de entrada que foram preenchidos com os dados deste artigo.

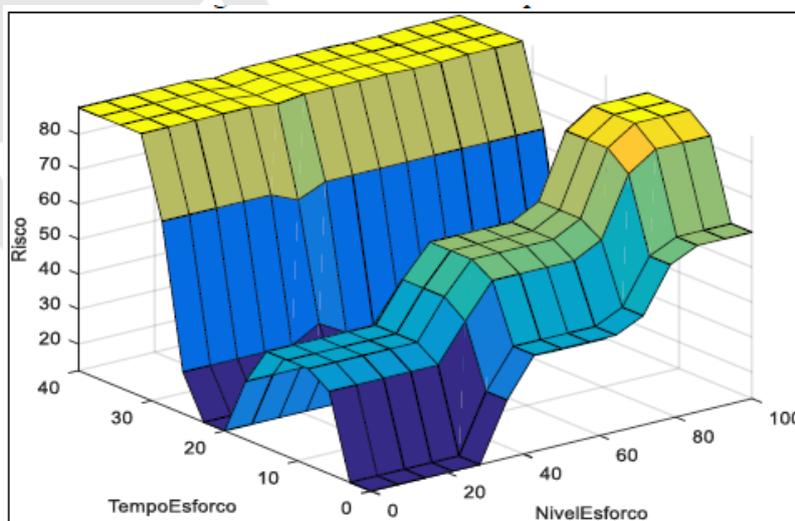


Figura 43 - Gráfico de Superfície.  
Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

Conforme observado, as cores mais claras correspondem a um valor maior na variável de saída, sendo a cor que representa o maior risco dos postos e a cor amarela. A variável “Nível de Esforço” possui uma maior influência na variável de saída, isso pode ser notado devido aos valores

apresentados. As cores verdes são considerados os riscos controlados no posto em alguns casos precisam de ajustes, sendo assim, os postos de trabalho irão precisar de adequações contínuas, caso não seja possível o referido gráfico pode mudar de risco através de cores pela falta de ações surgindo as demais cores (amarelo, vermelho ou violeta).

### 3.7.3 Resultado da Simulação para Tomada de Decisão

Os resultados agrupados na Tabela 4.10. Mostra os indicativos, através de cores e combinações de possíveis riscos ergonômicos existem nos sete postos de trabalho.

- ❖ *Verde*: É um indicativo que os riscos de lesões são muito baixos
- ❖ *Amarelo*: É um indicativo de que a um certo risco moderado
- ❖ *Vermelho*: É um indicativo de risco alto que devem ser tomadas as ações
- ❖ *Violeta*: É um indicativo de alto risco e problemas músculo-esquelético.

Tabela 10 - Legenda da classificação de riscos nas atividades.

| Risco           | Combinações        |   |   |
|-----------------|--------------------|---|---|
| <b>Verde</b>    | Demais Combinações |   |   |
|                 | 1                  | 2 | 3 |
|                 | 1                  | 3 | 2 |
|                 | 2                  | 1 | 3 |
|                 | 2                  | 2 | 2 |
|                 | 2                  | 3 | 1 |
| <b>Amarelo</b>  | 2                  | 3 | 2 |
|                 | 3                  | 1 | 2 |
|                 | 2                  | 2 | 3 |
|                 | 3                  | 1 | 3 |
| <b>Vermelho</b> | 3                  | 2 | 1 |
|                 | 3                  | 2 | 2 |
|                 | 3                  | 2 | 3 |
| <b>Violeta</b>  | 3                  | 3 | 1 |
|                 | 3                  | 3 | 2 |
|                 | x                  | 4 | x |
|                 | x                  | x | 4 |

Fonte: Pinto, L. S. & Leite, J.C. (2021).

## 4 - Apresentação dos reflexos econômico e sociais (geração de riqueza/saúde, qualidade de vida e redução de assimetrias regionais, dentre outros):

A Gestão na saúde tem se desenvolvido ao longo dos últimos anos focando na qualidade e melhoria contínua. A gestão voltada para a qualidade pode ser definida como um conjunto de métodos universais que qualquer organização, seja uma empresa, uma agência, uma universidade ou um hospital, pode usar para alcançar resultados superiores mediante o desenvolvimento de projetos, a melhoria contínua e a garantia de que todos os produtos, serviços e processos atendem às necessidades dos clientes e das demais partes interessadas. Nas atividades realizadas pelo SATR ter uma ferramenta pensada nas suas tarefas auxiliam a gestão do setor, contribuindo para melhoria e segurança dos profissionais e ambiente. O Algoritmo de aplicação Fuzzy foi pensado também nas situações de troca de profissionais, e a necessidade de se facilitar a gestão do conhecimento, e um acompanhamento das atividades desenvolvidas de acordo com as normas estabelecidas por lei, principalmente baseada na NBR 17 (Ergonomia).

## 5 - Descrição da participação do solicitante em caso de ser co-autor

Como já abordado na seção 2, o modelado Algoritmo foi desenvolvido na dissertação de mestrado de Leandro Soares Pinto, sob orientação do Professor Dr. Jandecy Cabral Leite.

## 6 - Descrição do estágio de andamento da utilização do produto/serviço

Como já abordado nos itens 2 e 3, a ferramenta foi desenvolvida e aplicada numa fábrica do Pólo Industrial de Manaus (PIM), o qual houve *feedback* (Apêndice A), e atualmente está sendo analisado e revisado para melhorias. Como frutos da dissertação houve um artigo publicado (Apêndice B); e o Certificado de Registro de Programa de Computador Patente” sob N° Processo N°: BR512023001315-3 (Apêndice C) sendo escritos sobre o desenvolvimento e aplicação da ferramenta (Algoritmo Fuzzy) e Qualis Capes 2013 – 2016 (válido na época da publicação como A2 na área Interdisciplinar no qual o mestrado está vinculado (Apêndice D).

## 7 – Referências (apenas as mencionadas no neste documento):

- BOROWSKI, Piotr F. **Processos inovadores na gestão de uma empresa do setor de energia e alimentos na era da indústria 4.0**. Processos, v. 9, n. 2, pág. 381, 2021.
- BRITO, Marlene Ferreira et al. **Análise Ergonômica na Manufatura Enxuta e na Indústria 4.0 - Uma Revisão Sistemática**. Engenharia Enxuta para o Desenvolvimento Global, p. 95-127, 2019.
- STIMEC, Arnaud; GRIMA, François. O impacto da implementação de melhoria contínua sobre o estresse em uma estrutura de produção enxuta. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 5, pág. 1590-1605, 2019.
- MENDONÇA, Helenides; FERREIRA, Maria Cristina; NEIVA, Elaine Rabelo. **Análise e diagnóstico organizacional: Teoria e Prática**. Vetor Editora, 2020.
- NASCIMENTO, Salatiel Oliveira. **Gestão de ergonomia e segurança do trabalho: estudo de caso em uma indústria automotiva**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2017.
- SANTOS, Sara Manuel Leitão Vinagre Piteira dos. **Explicando a avaliação ergonômica do movimento humano em contextos industriais**. 2019. Tese de Doutorado.
- BERLIN, Cecilia; ADAMS, Caroline. **Ergonomia de produção: Projetando sistemas de trabalho para apoiar o desempenho humano ideal**. Imprensa Ubiquity, 2017.
- CHUNG, Amy ZQ; WILLIAMSON, Ann. **Teoria versus prática na disciplina de fatores humanos e ergonomia: Tendências em publicações de periódicos de 1960 a 2010**. Ergonomia aplicada, v. 66, p. 41-51, 2018.
- MEISTER, David. **A história dos fatores humanos e da ergonomia**. CRC Press, 2018.
- BREZNIK, Matic; HERZOG, Natasa VUJICA. Projeto Ergonômico Do Local De Trabalho Para O Controle De Qualidade Final. Ergonomia, v. 4, n. 1, pág. 1-9, 2021.
- BERLIN, Cecilia et al. **Desenvolvimento de um método de identificação e análise de partes interessadas para integração de fatores humanos em intervenções de projeto de sistema de trabalho - Infraestrutura do Agente de Mudança**. Fatores humanos e ergonomia nas indústrias de manufatura e serviços, 2021.
- SHARMA, Praveen Kumar; KUMRA, Rajeev. Relações entre espiritualidade no trabalho, justiça organizacional e saúde mental: o papel mediador do engajamento dos funcionários. **Journal of Advances in Management Research**, 2020.
- NEUMANN, W. Patrick et al. Indústria 4.0 e a estrutura de sistemas e metodologia de análise do fator humano A para um desenvolvimento bem-sucedido. **International Journal of Production Economics**, v. 233, p. 107992, 2021.
- KADIR, Bzhwen A.; BROBERG, Ole; DA CONCEICAO, Carolina Souza. **Pesquisas atuais e perspectivas futuras sobre fatores humanos e ergonomia na Indústria 4.0**. Computadores e Engenharia industrial, v. 137, p. 106004, 2019.
- KOLUS, Ahmet; WELLS, Richard; NEUMANN, Patrick. **Qualidade da produção e engenharia de fatores humanos: uma revisão sistemática e quadro teórico**. Ergonomia aplicada, v. 73, p. 55-89, 2018.
- PETRUNI, Alberto et al. Aplicando o Analytic Hierarchy Process (AHP) para escolher uma técnica

de fatores humanos: Escolhendo a técnica de Análise de Confiabilidade Humana adequada para a indústria automotiva. **Safety Science**, v. 119, p. 229-239, 2019.

HOLDEN, Richard J.; CORNET, Victor P.; VALDEZ, Rupa S. Ergonomia do paciente: revisão de mapeamento de 10 anos de fatores humanos centrados no paciente. **Ergonomia aplicada**, v. 82, p. 102972, 2020.

TOSI, Francesca. Elementos de Biomecânica de Interesse Ocupacional. In: **Design para Ergonomia**. Springer, Cham, 2020. p. 233-264.

THEUREL, Jean; DESBROSSES, Kevin. Exoesqueletos ocupacionais: visão geral de seus benefícios e limitações na prevenção de distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho. **IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors**, v. 7, n. 3- 4, pág. 264-280, 2019.

NUZZO, James L. O caso para retirar a flexibilidade como um componente principal da aptidão física. **Medicina do Esporte**, v. 50, n. 5, pág. 853-870, 2020.

ANDREAS, Grooten-Wilhelmus Johannes; JOHANSSONS, Elin. Métodos observacionais para avaliar riscos ergonômicos para distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho. Uma revisão de escopo. **Revista Ciencias de la Salud**, v. 16, n. SPE, pág. 8-38, 2018.

GOLABCHI, Alireza et al. Uma estrutura ergonômica integrada para avaliação e projeto de operações de construção. **Automation in Construction**, v. 95, p. 72-85, 2018.

GOMEZ, Albercely Nathaly Calderon; NATHALY, Albercely. **Avaliação ergonômica das atividades desenvolvidas por profissionais de cantinas de uma universidade portuguesa**: estudo dos principais fatores de risco de DORT. 2019. Tese de Doutorado. Universidade do Minho.

NOGUEIRA, Enyleide Lima; NASCIMENTO, Manoel Henrique Reis. Inventory control applying sales demand prevision based on fuzzy inference system. **Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (JETIA)**. v. 3, 2017.

ZADEH, Lotfi A. **Lógica difusa**. Computer, v. 21, n. 4, p. 83-93, 1988.

CARTER, Jenny. **Fuzzy Logic: Recent Applications and Developments**. Springer Nature, 2021.

LIMA-JUNIOR, Francisco Rodrigues; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Combining SCOR® model and fuzzy TOPSIS for supplier evaluation and management. **International Journal of Production Economics**. v. 174, p. 128-141, 2016.

JUNIOR, Marco Antonio Berni et al. Implementação de um Controlador Fuzzy para Controle de Temperatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 38231-38245, 2020.

SILVA, Flávio F. B. S., **Desvendando a Lógica Fuzzy**. Minas Gerais. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Matemática. Universidade Federal de Uberlândia. 2011.

8 – Apêndice – comprovante que a pesquisa foi aplicada

Apêndice A  
Carta de Aplicação da pesquisa na Indústria

**HARMAN**

Av. Cuiúba, 401, Distrito Industrial – Manaus/AM – CEP 69075-060

+ 55 92 33061110

+55 92 98147-0002



**DECLARAÇÃO**

**APLICAÇÃO DE PESQUISA**

Declaramos para os devidos fins que **LEANDRO SOARES PINTO**, aplicou o trabalho intitulado: **LÓGICA FUZZY APLICADA NA ANÁLISE ERGONÔMICA DE TRABALHO NA INDUSTRIA AUTOMOBILISTICA PARA TOMADA DE DECISÃO**, resultado do seu Projeto de Pesquisa no Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia/ITEGAM.

Manaus – AM, 22 de fevereiro de 2022

Atenciosamente,

Carlos Américo  
Gerente de Engenharia  
HARMAN Responsável da Empresa

CONNECTED CAR | LIFESTYLE AUDIO | PROFESSIONAL SOLUTIONS | CONNECTED SERVICES

## Apêndice B Artigo Publicado

PINTO, Leandro Soares; LEITE, Jandecy Cabral. **Application of ergonomic work analysis in automotive industry processes using computational intelligence for decision making.** International Journal of Development Research, v. 12, n. 02, p. 5412-5428, fevereiro, 2022. <https://www.journalijdr.com/application-ergonomic-work-analysis-automotive-industry-processes-using-computational-intelligence>.



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

# IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 12, Issue, 02, pp. 54212-54228, February, 2022

<https://doi.org/10.37118/ijdr.23974.02.2022>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

### APPLICATION OF ERGONOMIC WORK ANALYSIS IN AUTOMOTIVE INDUSTRY PROCESSES USING COMPUTATIONAL INTELLIGENCE FOR DECISION MAKING

Leandro Soares Pinto\* and Jandecy Cabral Leite

Academic of the Postgraduate Program Master in Engineering, Process Management, Systems and Environmental (PPEMSE) the Institute of Technology and Education Galileo of the Amazon – ITEGAM. Avenue Joaquim Nabuco Nº 1950. Center, ZIP CODE: 69.020-030. Manaus-AM, Brazil

#### ARTICLE INFO

##### Article History:

Received 27<sup>th</sup> December, 2021  
Received in revised form  
19<sup>th</sup> January, 2022  
Accepted 30<sup>th</sup> January, 2022  
Published online 26<sup>th</sup> February, 2022

##### Key Words:

Ergonomics, Fuzzy Logic,  
Automotive Processes,  
Workplaces and Suzanne Rodgers Method.

\*Corresponding author: [Leandro Soares Pinto](mailto:Leandro Soares Pinto)

#### ABSTRACT

Ergonomics have proved to be increasingly important for industrial processes around the world. The evolution of machinery and equipment has caused several disorders in occupational health at work. Therefore, it is extremely important to make a comprehensive reading of the workstations and ergonomic analysis tools. The objective of the article is to make an application of the technological resources of fuzzy logic in the results found in the Ergonomic Analysis of Work (AET) in seven jobs in the automotive industry of the Industrial Pole of Manaus (PIM). The methodology applied is based on the application of ergonomic tools using Suzanne Rodgers' method and on the mathematical models characterized by Fuzzy Inference for decision making on various disorders that occur with the health of the employee. The results found in the ergonomic tool 'Suzanne Rodgers'' applied to the movement of upper and lower limbs and other observations in the productive sectors, with the application of Fuzzy Logic, it was shown that the linguistic variables by colors, the legend that shows the classification of ergonomic risks through run. Therefore, they serve to make a comparison and discuss the importance of ergonomic processes for the benefit of the worker in the automotive industry for decision-making.

Copyright © 2022, Leandro Soares Pinto and Jandecy Cabral Leite. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: [Leandro Soares Pinto and Jandecy Cabral Leite](#). "Application of Ergonomic Work Analysis in automotive industry processes using computational intelligence for decision making". *International Journal of Development Research*, 12, (02), 54212-54228.

#### INTRODUCTION

Ergonomics presents itself as a science for the prevention of ergonomic accidents in work activities and aims to shape these interactions in the work environment and adjustments for comfortable, efficient and safe performance in the face of the capabilities, limitations and other characteristics of each person in their activity [Karwowski, 2012]. For [Gibbs, 2005; Li, 2015] in the work activity, the human being interacts in his routine with the various

and inadequate posture that may cause eventual postural disturbances, leading to the removal of the worker. For [Dul, 2012] points out the technological interactions applied to companies, which are increasingly committed to developing programs and projects that contribute to the health and well-being of workers and to the development of new models, processes, products, among other ways to ensure quality in the services and products offered to customers by the company, awakening in employees a sense of quality of life and care that consequently aims to leverage safety and productivity. Ergonomics presents itself as a complex and broad science of studies

## Apêndice C

### Qualis Capes do artigo publicado

Artigo publicado em fevereiro de 2022, onde o Qualis CAPES de 2013 – 2016 foi vigente até 29 de dezembro de 2022, passando a vigorar o Qualis CAPES 2017 – 2020.

PLATAFORMA  
**Sucupira**

INÍCIO >> Qualis >> Qualis Periódicos

**Qualis Periódicos**

Evento de Classificação:  
CLASSIFICAÇÕES DE PERIÓDICOS QUADRÊNIO 2013-2016

Área de Avaliação:  
-- SELECCIONE --

ISSN:  
 2230-9926

Título:

Classificação:  
 A2

[Consultar](#) [Cancelar](#)

| Periódicos                        |   | Classificação |
|-----------------------------------|---|---------------|
| ISSN                              | 2230-9926                                     | A2            |
| Título                            | INTERNATIONAL JOURNAL OF DEVELOPMENT RESEARCH |               |
| Área com publicação no quadriênio | INTERDISCIPLINAR                              |               |

### 9 – Link seguido da print do artigo relacionado ao PTT:

**Artigo:** [Application of ergonomic work analysis in automotive industry processes using computational intelligence for decision making](#)

<https://www.journalijdr.com/archive/202202>

**Apêndice D**  
**Comprovante do Certificado de Registro de Programa de Computador “Patente” – Produção Técnica**



**INPI**  
Assinado  
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS  
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL  
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS

**Certificado de Registro de Programa de Computador**

Processo Nº: **BR512023001315-3**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 14/02/2022, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

**Título:** Algoritmo de Avaliação Ergonômica de Trabalho (AET)

**Data de publicação:** 14/02/2022

**Data de criação:** 10/11/2021

**Titular(es):** INSTITUTO DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO GALILEO DA AMAZÔNIA - ITEGAM

**Autor(es):** JANDECY CABRAL LEITE; RICARDO SILVA PARENTE; LEANDRO SOARES PINTO

**Linguagem:** MATLAB

**Campo de aplicação:** IF-01; TB-04

**Tipo de programa:** AV-01; FA-01; FA-04; IA-01; IA-02; SM-01; TC-01

**Algoritmo hash:** SHA-512

**Resumo digital hash:**

8afb9ba1279e0bfd408b44de6ebaa9d4c9d70e888025ddb93449898996b8d7dc13e9c9b14bf8f820f2859f4ce0d6a0b78653a306d11790cdf0bfc5be73f6

**Expedido em:** 16/05/2023

**Aprovado por:**  
Carlos Alexandre Fernandes Silva  
Chefe da DIPTO