



**LUÍS RAFAEL ZILCH**

**SISTEMAS DE APERTO EM PROCESSO DE MONTAGEM:  
AVALIAÇÃO E DEFINIÇÃO COM BASE EM CRITÉRIOS  
ERGONÔMICOS**

**HORIZONTALINA**

**2016**

**FACULDADE HORIZONTINA**  
**Curso de Engenharia Mecânica**

**LUÍS RAFAEL ZILCH**

**SISTEMAS DE APERTO EM PROCESSO DE MONTAGEM:  
AVALIAÇÃO E DEFINIÇÃO COM BASE EM CRITÉRIOS  
ERGONÔMICOS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Charles Matheus Weschenfelder, Especialista.

**HORIZONTINA-RS**

**2016**



**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:**

**“Sistemas de Aperto em Processo de Montagem: Análise e Definição com Base em  
Critérios Ergonômicos”**

**Elaborada por:**

**Luís Rafael Zilch**

**Aprovado em: 22/Nov/2016  
Pela Comissão Examinadora**

---

**Especialista. Charles Matheus Weschenfelder  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

---

**Mestre. Marlene Bieger  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

---

**Especialista. Ricardo Munhoz  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**HORIZONTALINA-RS  
2016**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho especialmente aos meus pais Heinberto e Matilde Zilch, a minha irmã Cláudia, e a minha namorada Vanessa que sempre estiveram junto comigo.

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, que esteve ao meu lado em todos os momentos, fazendo-me sempre acreditar que esse percurso, por mais árduo e cheio de incertezas, poderia me propiciar bons momentos e ser excepcionalmente gratificante.

A minha família, em especial aos meus pais, a base sólida de minha vida, por todo amor e dedicação para comigo.

A minha namorada Vanessa pelo carinho e compreensão.

A FAHOR, seus funcionários e professores que buscaram dentro desses 5 anos, repassar seus conhecimentos teóricos e tecnológicos, bem como relato de suas experiências acadêmicas e profissionais.

Ao meu orientador, Prof. Charles Weschenfelder e ao Engenheiro Adriano Zonta por toda atenção, pelas orientações ao longo da realização desse trabalho e pelo conhecimento socializado.

A Empresa, pela oportunidade de realização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos colegas de faculdade, pela amizade.

*“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.”*

Albert Einstein

## RESUMO

Na atual conjuntura econômica, com aumento significativo da produção e a busca por redução de custos, as empresas precisam preocupar-se cada vez mais com a saúde de seus colaboradores, para que estes produzam mais e melhor. Nesse contexto, a ergonomia enquadra-se como participante do processo ao adequar o trabalho as condições do ser humano através de diversos métodos e técnicas de análise ergonômica. Com o objetivo de avaliar e definir, com base em critérios ergonômicos, qual, dentre os sistemas de aperto utilizados na indústria é o mais apropriado para um determinado processo de montagem, realizou-se um estudo no setor de montagem, em uma empresa do ramo metal mecânico no noroeste do estado do Rio Grande do Sul, para apresentar oportunidades que possam agregar ergonomicamente ao processo produtivo. Neste caso, com a seleção de melhores ferramentas para o processo de montagem, levando em consideração a avaliação de critérios ergonômicos para cada aplicação. O mesmo, no que se refere à classificação, se dividiu em uma pesquisa exploratória, estudo de caso e, por fim teve uma etapa descritiva. No decorrer do presente trabalho, primeiramente se buscou caracterizar a organização e a atividade de montagem em questão para então realizar a coleta de dados, de modo a identificar a intensidade e frequência de movimentos realizados, aplicando-se a ferramenta BRIEF & BEST. Através desta ferramenta de avaliação de critérios ergonômicos se buscou qualificar e quantificar o grau de risco das atividades realizadas no processo, e, ao final, foram avaliadas, dentre as opções possíveis de sistemas de aperto para processo de montagem de juntas parafusadas, o qual seria mais viável do ponto de vista de ergonomia. Desta forma, considerou-se a melhor e mais viável alternativa, visando minimizar ou então eliminar os impactos negativos à saúde laboral dos trabalhadores que venham a realizar o processo de montagem estudado.

**Palavras-chave:** Montagem. Ergonomia. Processo.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fatores de risco posturais .....	18
Figura 2 – Fatores de risco relativos a força.....	19
Figura 3 – Formulário BRIEF .....	22
Figura 4 – Sistema de escore do formulário BRIEF.....	22
Figura 5 – Formulário BEST .....	23
Figura 6 – Exemplo de uso do Jack.....	24
Figura 7 – Aperto por torque - Processo básico .....	26
Figura 8 – Parafusadeira pneumática.....	27
Figura 9 – Posturas identificadas (Simulação em Jack) .....	31
Figura 10 – Formulário BRIEF preenchido.....	32
Figura 11 – Formulário BEST preenchido .....	34
Figura 12 – Tipos de balancins (Padrão e tensão constante).....	35
Figura 13 – Braço Zero G em processo de montagem .....	36
Figura 14 – Braço de Reação em processo de montagem .....	37
Figura 15 – Formulário BRIEF do sistema com Braço Zero G preenchido.....	38
Figura 16 – Formulário BEST do sistema com Braço Zero G preenchido .....	39
Figura 17 – Formulário BRIEF do sistema com Braço de Reação preenchido.....	40
Figura 18 – Formulário BEST do sistema com Braço de Reação preenchido .....	40

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Verificação das categorias de ação método RULA .....	17
Quadro 2 – Range de prioridade BEST .....	23
Quadro 3 – Quadro comparativo - Sistemas de Aperto.....	41

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 TEMA.....	12
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	12
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA .....	12
1.4 JUSTIFICATIVA .....	12
1.5 OBJETIVO GERAL.....	13
1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
2.1 ERGONOMIA.....	14
2.2 FERRAMENTAS DE ANÁLISE ERGONÔMICA .....	15
2.2.1 INSTITUTO NACIONAL DE SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH - NIOSH).....	16
2.2.2 AVALIAÇÃO RÁPIDA MEMBRO SUPERIOR (RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT - RULA).....	16
2.2.3 DIRETRIZES DE DESIGN ERGONÔMICO PARA ENGENHEIROS (ERGONOMIC DESIGN GUIDELINES FOR ENGINEERS).....	17
2.2.4 FATORES ERGONÔMICOS DA LINHA DE BASE DE IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS (BASELINE RISK IDENTIFICATION OF ERGONOMIC FACTORS - BRIEF) E TÉCNICA DE PONTUAÇÃO DE EXPOSIÇÃO DO BRIEF (BRIEF EXPOSURE SCORING TECHNIQUE - BEST) .....	21
2.2.5 PROCESSO DE SIMULAÇÃO HUMANA – JACK.....	24
2.3 PROCESSO DE MONTAGEM .....	25
2.3.1 JUNTA PARAFUSADA .....	25
2.3.2 TORQUE.....	25
2.3.3 SISTEMAS DE APERTO .....	26
2.3.4 FERRAMENTA DE APERTO - PARAFUSADEIRA .....	27
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS .....	28
3.1.1 COLETA DE DADOS .....	28
3.1.2 ANÁLISE DE DADOS .....	28
3.2 MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS .....	29
3.3 DESCRIÇÃO DA AMOSTRA .....	29

<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
4.1 DIAGNÓSTICO DO PROCESSO.....	30
4.2 ANÁLISE ERGONOMICA.....	31
4.3 PROPOSTAS DE SISTEMAS DE APERTO.....	34
4.3.1 BALANCIN .....	35
4.3.2 BRAÇO DE GRAVIDADE ZERO - “ZERO G” .....	36
4.3.3 BRAÇO DE REAÇÃO.....	37
4.4 ANALISE ERGONOMICA DOS SISTEMAS DE APERTO PROPOSTOS .....	38
4.4.1 ANÁLISE ERGONÔMICA DO SISTEMA DE APERTO COM BRAÇO DE GRAVIDADE ZERO - “ZERO G” .....	38
4.4.2 ANÁLISE ERGONÔMICA DO SISTEMA DE APERTO COM BRAÇO DE REAÇÃO .....	39
4.5 DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE APERTO MAIS APROPRIADO .....	41
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ambiente no qual as empresas estão inseridas está modificando-se continuamente. Em função da globalização dos mercados e das atuais condições de competitividade, as organizações têm buscado implantar novas estratégias de produção cada vez mais modernas. Além disso, o aumento da concorrência tem ocasionado profundas transformações nos sistemas produtivos das organizações e potencializando a questão da melhor utilização dos recursos disponíveis, dentre eles as pessoas.

No estudo da ergonomia aplicam-se princípios, métodos e técnicas para o desenvolvimento de um local de trabalho com as condições adequadas, que proporcione o bem-estar humano, obtendo assim um melhor desempenho do sistema produtivo de um modo geral.

Iida (1990) menciona que, através da aplicação de ferramentas de análise ergonômica do trabalho, pode-se entender toda a ergonomia de um sistema. Pela análise, é possível avaliar aspectos como a duração da jornada de trabalho, a função, o ciclo da tarefa, o número de movimentos executados, as pausas, as posturas inadequadas, o esforço muscular, o ritmo para a execução da tarefa, assim como equipamentos e ferramentas utilizados.

Estas ferramentas de avaliação ergonômica podem ser utilizadas tanto preventivamente, como na concepção de um projeto, quanto em melhoria contínua como no caso de uma análise de processos correntes. Ou seja, uma análise ergonômica pode ser utilizada como critério de definição na escolha de um método ou da ferramenta mais adequada para a execução de determinada atividade.

Diante disso, este estudo busca realizar uma análise ergonômica de um processo de montagem de uma empresa, e, propor processos alternativos utilizando critérios ergonômicos na definição do sistema mais adequado.

Para a realização do estudo foi escolhida uma empresa do setor metal mecânico com sede na cidade Horizontina, na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

E, por fim, este estudo se justificou pela relevância de um estudo voltado à ergonomia para setor metal mecânico da região, sendo também de importância significativa para a organização em que foi realizado. Assim como, este estudo foi de fundamental importância no processo educativo do acadêmico, bem como para a instituição de ensino, pelo estudo realizado, conhecimento socializado e podendo servir de referência para futuros estudos.

## **1.1 TEMA**

Sistemas de aperto em processo de montagem: avaliação e definição com base em critérios ergonômicos

## **1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA**

Avaliação ergonômica de um processo de montagem em uma empresa do setor metal mecânico com sede na cidade Horizontina, utilizando diferentes sistemas de aperto de juntas parafusadas, e, definindo com base em critérios ergonômicos, qual o sistema mais adequado, para a realização do processo de montagem avaliado.

## **1.3 PROBLEMA DE PESQUISA**

A questão a ser estudada no presente trabalho é: Como as ferramentas de análise ergonômica podem contribuir para analisar e definir qual o sistema de aperto mais apropriado para um processo de montagem?

## **1.4 JUSTIFICATIVA**

O setor metal mecânico é considerado um dos grandes responsáveis pelo desenvolvimento da região noroeste do Estado. Principalmente a região da grande Santa Rosa, onde estão instaladas além de duas multinacionais de grande porte, diversas outras empresas de médio e pequeno porte. Fator que impulsionou a busca pelo conhecimento, pela qualificação. Contribuiu para o surgimento e a instalação de instituições de ensino técnico e superior na região e, a conseqüente formação de profissionais qualificados.

Em função disso, um estudo voltado à ergonomia e a sistemas de aperto que venham a melhorar as condições de trabalho e o desempenho dos funcionários da área de produção se faz pertinente. Uma vez que, as modificações do ambiente de trabalho em busca de competitividade não são um fato distante, trata-se de uma situação a qual as empresas de nossa região enfrentam diariamente.

Este trabalho possui importância significativa para a organização em que foi realizado. Tendo em vista as condições de postura e esforço físico inadequado em um processo de

montagem, na linha de montagem desta grande empresa do noroeste do Rio Grande do Sul, observou-se a oportunidade para aplicar a ferramenta de análise ergonômica do trabalho. Como forma de melhoria contínua, buscando melhorar as condições de trabalho dos montadores e, aumentar o poder de competitividade da organização frente ao mercado.

Como todo trabalho de conclusão de curso, é uma oportunidade para integrar teoria e prática, um espaço de intervenção técnica e pedagógica na realidade, sendo um componente fundamental no processo educativo do acadêmico. Oportunidade de conhecer e diagnosticar problemas organizacionais sugerindo e/ou implantando novos procedimentos.

Por fim, este trabalho visa ajudar as empresas do setor a se adaptarem a nova realidade, demonstrando a importância do uso de técnicas/ferramentas de avaliação ergonômica visando melhorar seus processos, por meio da implementação de ações que visem garantir um ambiente de trabalho com melhor performance produtiva e também garantindo a integridade física dos colaboradores. Permitindo-lhes assim, um maior poder de reação frente às mudanças do ambiente no qual estão inseridas.

## **1.5 OBJETIVO GERAL**

Avaliar e definir, com base em critérios ergonômicos, qual, dentre os sistemas de aperto utilizados na indústria é o mais apropriado para processo de montagem estudado.

## **1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar o processo de montagem estudado;
- Realizar a análise ergonômica do processo de montagem utilizando o sistema de aperto atual, por meio da ferramenta BRIEF & BEST;
- Propor sistemas de aperto alternativos.
- Realizar a análise ergonômica do processo de montagem utilizando cada um dos sistemas de aperto propostos, por meio da ferramenta BRIEF & BEST;
- Definir o sistema de aperto mais apropriado para processo de montagem estudado.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 ERGONOMIA**

Segundo Grandjean (1998), A palavra ergonomia vem do grego: ergon = trabalho e nomos = legislação, normas. Sucintamente, a ergonomia pode ser definida como a ciência da configuração das ferramentas, das máquinas e do ambiente de trabalho. O alvo é a adequação das condições de trabalho às capacidades e realidades da pessoa que trabalha.

Observa-se que a adaptação sempre ocorre do trabalho para o homem. A recíproca nem sempre é verdadeira. Ou seja, é muito mais difícil adaptar o homem ao trabalho. Isso significa que a ergonomia parte do conhecimento do homem para fazer o projeto do trabalho, ajustando-o às capacidades e limitações humanas (IIDA, 1990).

De acordo com Iida (1990), a ergonomia contribui para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a qualidade das operações industriais. Isso pode ser feito basicamente por três vias: aperfeiçoamento do sistema homem-máquina, organização do trabalho e melhoria nas condições de trabalho.

O aperfeiçoamento do sistema homem-máquina pode ocorrer tanto na fase de projeto de máquinas, equipamentos e postos de trabalho, como na introdução de modificações em sistemas já existentes, adaptando-os às capacidades e limitações do organismo humano.

Uma segunda categoria de atuação da ergonomia está relacionada com os aspectos organizacionais do trabalho, procurando reduzir a fadiga e a monotonia, principalmente pela eliminação do trabalho altamente repetitivo, dos ritmos mecânicos impostos ao trabalhador, e da falta de motivação provocada pela pouca participação do mesmo nas decisões sobre o seu próprio trabalho.

Em terceiro lugar, a melhoria das condições de trabalho é feita pela análise das condições físicas do trabalho, como temperatura, ruídos, vibrações, gases tóxicos e iluminação.

No Brasil, a ergonomia está inserida na Norma Regulamentadora NR17, Portaria nº 3.435 de 19/06/90, DOU 20/06/90. Que estabelece o seguinte:

17.1. Esta Norma Regulamentadora visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos

trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

17.1.1. As condições de trabalho incluem aspectos relacionados ao levantamento, transporte e descarga de materiais, ao mobiliário, aos equipamentos e às condições ambientais do posto de trabalho e à própria organização do trabalho.

17.1.2. Para avaliar a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, cabe ao empregador realizar a análise ergonômica do trabalho, devendo a mesma abordar, no mínimo, as condições de trabalho, conforme estabelecido nesta Norma Regulamentadora. (MINISTÉRIO DO TRABALHO, NR-17, 1978).

E, segundo Iida (1990), para atingir o seu objetivo, a ergonomia estuda diversos aspectos do comportamento humano no trabalho e outros fatores importantes para o projeto de sistemas de trabalho, que são:

- O homem - Características físicas, fisiológicas e sociais do trabalhador, influência do sexo, idade, treinamento e motivação;
- Máquina - Entende-se por máquina todas as ajudas materiais que o homem utiliza no seu trabalho, englobando os equipamentos, as ferramentas, os mobiliários e instalações;
- Ambiente - Estuda as características do ambiente físico que envolve o homem durante o trabalho, como a temperatura, ruídos, vibrações, luz, cores, gases e outros;
- Informação - Refere-se às comunicações existentes entre os elementos de um sistema, a transmissão de informações, o processamento e a tomada de decisões;
- Organização - É a conjugação dos elementos, acima citados, no sistema produtivo, estudando aspectos como horários e turnos de trabalho e a formação de equipes;
- Consequências do trabalho – Aqui entram mais as questões de controles como tarefas de inspeções, estudos dos erros e acidentes, além dos estudos sobre gastos energéticos, fadiga e “stress”.

## 2.2. FERRAMENTAS DE ANÁLISE ERGONÔMICA

Iida (1990) menciona que, através da aplicação de ferramentas de análise ergonômica do trabalho, pode-se entender toda a ergonomia de um sistema. Pela análise, é possível avaliar aspectos como a duração da jornada de trabalho, a função, o ciclo da tarefa, o número de

movimentos executados, as pausas, as posturas inadequadas, o esforço muscular, o ritmo para a execução da tarefa, assim como equipamentos e ferramentas utilizados.

### **2.2.1. Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH)**

Em 1981, o NIOSH publicou um informe técnico intitulado Guia Prático para Trabalhos com Levantamento Manual (Work Practices Guides for Manual Lifting) revisado, posteriormente, em 1991. Este manual tinha como objetivo prevenir ou reduzir a ocorrência de dores causadas por levantamento manual de cargas e para isso foi desenvolvida uma equação (Equação de NIOSH) para calcular o peso limite recomendável em tarefas repetitivas de levantamento de cargas (IIDA, 1990).

Com a equação de NIOSH, buscou-se estabelecer um levantamento ideal. A equação estabelece um valor de referência de 23 kg, que corresponde à capacidade de levantamento no plano sagital (sem giros da coluna ou posturas assimétricas), de uma altura de 75 cm do solo, para um deslocamento vertical de 25 cm, segurando-se a carga a 25 cm do corpo. Essa seria a carga aceitável para 99% dos homens e 75% das mulheres, sem provocar nenhum dano físico em trabalhos repetitivos nestas condições (IIDA, 1990).

Com a aplicação da NIOSH, os analistas conseguem calcular a carga ideal para determinada função, prevenindo o trabalhador de possíveis lesões decorrentes de levantamento de cargas excessivas, porém apresenta uma limitação que é a aplicação em cargas estáticas (IIDA, 1990).

### **2.2.2. Avaliação Rápida Membro Superior (Rapid Upper Limb Assessment - RULA)**

O Método RULA é um instrumento de fácil aplicação, que permite obter uma avaliação da sobrecarga biomecânica dos membros superiores e do pescoço em uma tarefa ocupacional. O método foi desenvolvido por Lynn McAtamney e Nigel Corlett da University of Nottingham's Institute of Occupational Ergonomics, e publicado em 1993, na revista científica Applied Ergonomics (Ergonomia Aplicada). O resultado esperado quando se aplica este método é de identificar a necessidade de uma análise mais profunda do risco com outros

métodos, portanto é um instrumento de investigação genérica como o de outros check lists (MCATAMNEY E CORLETT, 1993).

Iida (2005) menciona que a aplicação do método inicia-se com a observação da atividade do trabalhador durante vários ciclos de trabalho. A partir desta observação, o executor da análise deve selecionar as posturas mais significantes.

Esta ferramenta usa critérios de escore para classificar o grau de risco, que varia de 01 a 07, conforme quadro 01, onde pontuações altas indicam, aparentemente, alto nível de risco, porém escores baixos não garantem que o local de trabalho esteja livre de cargas de trabalho, e um escore alto não assegura que problemas de alta severidade existam (IIDA, 2005).

Quadro 01 - Verificação das categorias de ação método RULA

Nível de Ação	Pontuação	Intervenção
1	1 - 2	A postura é aceitável se não for mantida ou respeitada por longos períodos
2	3 - 4	São necessárias investigações posteriores. Algumas intervenções podem se tornar necessárias
3	5 - 6	É necessário investigar e mudar em breve
4	≥ 7	É necessário investigar e mudar imediatamente

Fonte: Lynn McAtamney e Nigel Corlett, 1993

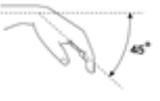
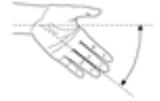
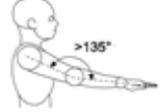
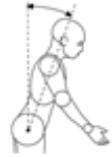
O RULA é um método rápido de análise postural, estático e dinâmico, que tem sua atenção voltada aos esforços repetitivos e força, ideal para ser aplicado em funcionários de escritório e atividades que requerem maior esforço de membros superiores (MCATAMNEY E CORLETT, 1993).

### 2.2.3. Diretrizes de Design Ergonômico para Engenheiros (Ergonomic Design Guidelines for Engineers)

O propósito do Manual de Design Ergonômico para Engenheiros é fornecer especificações ergonômicas e critérios para ajudar engenheiros na concepção de equipamentos e sistemas. Este manual destina-se a guiar o usuário através de cada passo no processo de design, desde a concepção à execução, para assegurar que as questões ergonômicas são tratadas em cada etapa (HUMANTECH, 2007).

**Postura:** Há certas posturas em que as articulações podem absorver força mais facilmente do que em outras. Dito de outra maneira, existem determinadas posturas em que o corpo é mais suscetível a lesões (HUMANTECH, 2007).

Figura 1 – Fatores de Risco Posturais

Fatores de Risco Posturais				
<b>Mãos e Punhos</b>	Flexionado $\geq 45^\circ$	Estendido $\geq 45^\circ$	Desvio Ulnar	Desvio Radial
				
<b>Cotovelos</b>		Rotação do Antebraço	Totamente Estendido	
				
<b>Ombros</b>	Braço atrás do corpo	Braço levantado $\geq 45^\circ$		Ombros encolhidos
				
<b>Pescoço</b>	Flexionado $\geq 30^\circ$	Estendido	Lateralmente	Torcido $\geq 20^\circ$
				
<b>Costas</b>	Flexionado $\geq 20^\circ$	Lateralmente	Estendido	Torcido
				
<b>Pernas</b>	Agachado	Ajoelhado	Sem suporte	
				

Fonte: Autor, adaptado de Humantech, 2007

Normalmente, quanto mais próximo aos extremos de uma articulação está o intervalo do movimento, menos capaz a articulação é. Uma postura extrema por si só pode estressar componentes da articulação e reduzir ou obstruir o fluxo sanguíneo. Consequentemente,

tentamos manter uma postura neutra durante a execução de nosso trabalho (HUMANTECH, 2007).

**Força:** Segurando, apertando, empurrando, puxando e levantando objetos, coloca-se força adicional nas articulações estruturais do corpo. Aumentar estas forças requer esforço muscular adicional e adiciona maiores cargas nas articulações e tecidos conjuntivos. Esforços deste tipo, prolongados ou repetidos, podem causar uma sensação de fadiga, e podem contribuir para problemas músculo-esqueléticos, quando não há tempo suficiente para descanso ou recuperação (HUMANTECH, 2007).

Figura 2 – Fatores de Risco Relativos à Força

Fatores de Risco - Força		
Aperto Pinça	Pressão de Dedos	Força de Aperto
		

**Fonte:** Autor, adaptado de Humantech, 2007

**Frequência:** Uma lata de refrigerante de alumínio é um bom exemplo de quão baixas forças podem danificar a estrutura subjacente quando aplicadas várias vezes. Apertar levemente uma lata pode fazer com que os lados dobrem para dentro, mas a lata vai recuperar sua forma. A força aplicada não era forte o suficiente para causar danos imediatamente. No entanto, se aplicarmos repetidamente essa mesma força, digamos 100 ou 200 vezes, a lata desenvolve um acúmulo de fadiga e uma ruptura pode ocorrer nas laterais de alumínio. É o mesmo para o corpo humano, mas em vez de 100 ou 200 repetições, a frequência é medida em milhares e dezenas de milhares de repetições. A aplicação repetida de uma força que não é forte o suficiente para causar danos imediatos pode, ao longo do tempo, induzir a fadiga em nossos tecidos conjuntivos e externá-la (HUMANTECH, 2007).

Uma lata de refrigerante de alumínio é um bom exemplo de quão baixas forças podem danificar a estrutura subjacente quando aplicadas várias vezes. Apertar levemente uma lata pode fazer com que os lados dobrem para dentro, mas a lata vai recuperar sua forma. A força aplicada não era forte o suficiente para causar danos imediatamente. No entanto, se aplicarmos repetidamente essa mesma força, digamos 100 ou 200 vezes, a lata desenvolve um

acumulo de fadiga e uma ruptura pode ocorrer nas laterais de alumínio. É o mesmo para o corpo humano, mas em vez de 100 ou 200 repetições, a frequência é medida em milhares e dezenas de milhares de repetições. A aplicação repetida de uma força que não é forte o suficiente para causar danos imediatos pode, ao longo do tempo, induzir a fadiga em nossos tecidos conjuntivos e externá-la (HUMANTECH, 2007).

**Estressores físicos:** Certos fatores de estresse físico podem acelerar o aparecimento lesões musculoesqueléticas através da redução do fluxo de sangue os para tecidos (HUMANTECH, 2007).

Os estressores físicos mais comuns no local de trabalho incluem:

- ✓ **Vibração** - contato com objetos de vibração, tais como ferramentas de moagem (vibração segmentar) ou durante a operação de equipamentos pesados (vibração de corpo inteiro). Vibração segmentar pode levar à redução do fluxo sanguíneo para a parte do corpo exposta, o que provoca rigidez e dormência nas áreas afetadas (HUMANTECH, 2007).

A exposição à vibração de corpo inteiro por longos períodos de tempo, como na condução de um caminhão fora de estrada, pode resultar em refluxo e desordens digestivas (HUMANTECH, 2007).

- ✓ **Baixas temperaturas** - exposição regular (mais do que duas horas por dia) para temperaturas abaixo de 66 ° F (18,9 °C). O organismo responde à exposição prolongada as baixas temperaturas, limitando o fluxo de sangue para as extremidades. Uma redução do fluxo sanguíneo para os dedos e as mãos pode causar dormência e reduz a força de preensão (HUMANTECH, 2007).
- ✓ **Compressão dos tecidos moles** - força estática aplicada ao corpo por períodos prolongados, por exemplo, descansando os cotovelos sobre uma superfície dura enquanto está sentado. A diminuição do fluxo de sangue é um resultado da pressão sobre os tecidos do corpo. Esta é uma preocupação particular quando os vasos sanguíneos são localizados perto da superfície da pele, tal como na parte de trás da mão (HUMANTECH, 2007).
- ✓ **Estresse por Impacto** - uma força dinâmica aplicada ao corpo, por exemplo, usando a mão como um martelo. O corpo responde ao estresse do impacto, limitando o fluxo de sangue para a parte do corpo exposta (HUMANTECH, 2007).

- ✓ **Problemas com luvas** - Trabalhar com luvas que se encaixam mal ou aumentam a força necessária para manusear objetos. Luvas que são muito apertadas restringem o fluxo sanguíneo para os dedos e causam dormência nos dedos. Luvas que são muito grandes não só limitam a destreza, mas também resultam em maior força de aperto. Luvas que diminuem o coeficiente de atrito entre o objeto a ser manipulado e as luvas também aumentam a quantidade de força que o operador deve exercer, afim de lidar com o objeto (HUMANTECH, 2007).

#### **2.2.4 Fatores Ergonômicos da Linha de Base de Identificação de Riscos (Baseline Risk Identification of Ergonomic Factors - BRIEF) e Técnica de Pontuação de Exposição do BRIEF (BRIEF Exposure Scoring Technique - BEST)**

As ferramentas BRIEF (Fatores Ergonômicos da Linha de Base de Identificação de Riscos) e BEST (Técnica de Pontuação de Exposição do BRIEF) são ferramentas desenvolvidas para avaliações ergonômicas. O BRIEF consiste em identificar os fatores de risco para a operação dos colaboradores em seu ambiente laboral, identificando frequências, posições, posturas e pontuando quanto à classe de risco (HUMANTECH, 2007).

Na planilha BEST são anexadas as informações obtidas no BRIEF para determinar o fator de conversão para cada parte do corpo e acrescentado os estressores físicos, a fim de calcular a pontuação do perigo no serviço (HUMANTECH, 2007).

Segundo o manual Humantech (2007), se utiliza a ferramenta BRIEF quando:

- Quando é desejado um alto nível de detalhes;
- Quando os fatores de risco presentes na atividade não estão claramente compreendidos;
- Quando se deseja priorizar atividades para execução de melhorias;
- Quando se deseja uma redução de risco mensurada.

Também, o manual Humantech (2007) diz que a ferramenta BRIEF é designada para analisar uma atividade com tarefas específicas que se repitam ao longo de um ciclo.

As figuras 3 e 5 apresentam os formulários.

Figura 3 – Formulário BRIEF

**BRIEF™ Survey – BASELINE RISK IDENTIFICATION OF ERGONOMIC FACTORS** Version 3.0

**Step 1** Complete Job Information  
 Job Name: \_\_\_\_\_ Site: \_\_\_\_\_ Station: \_\_\_\_\_  
 Date: \_\_\_\_\_ Dept: \_\_\_\_\_ Shift: \_\_\_\_\_ Product: \_\_\_\_\_

**Step 2** Identify Risks

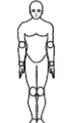
	Hands and Wrists		Elbows		Shoulders		Neck	Back		Legs
<b>2a. Posture</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Force</b>	Pinch Grip or Finger Press ≥ 2 lb (0.9 kg), or Power Grip ≥ 10 lb (4.5 kg)		≥ 10 lb (4.5 kg)	≥ 2 lb (0.9 kg)	≥ 25 lb (11.3 kg)		Foot Pedal ≥ 10 lb (4.5 kg)			
<b>2b. Duration</b>	≥ 10 sec.	≥ 10 sec.	≥ 10 sec.	≥ 10 sec.	≥ 10 sec.	≥ 10 sec.	≥ 10 sec.	≥ 10 sec.		≥ 30% of day
<b>Frequency</b>	≥ 30/min.	≥ 30/min.	≥ 2/min.		≥ 2/min.					
<b>Score</b>	0	0	0	0	0	0	0	0		0
<b>Risk Rating</b>	H M <b>L</b>	H M <b>L</b>	H M <b>L</b>	H M <b>L</b>	H M <b>L</b>	H M <b>L</b>	H M <b>L</b>	H M <b>L</b>		H M <b>L</b>

**Step 3** Determine Risk Rating  
 In the Score box, write the number of risk factor categories (0-4) checked for each body part. Using the table at right, circle the corresponding Risk Rating for each body part.

Score	Risk Rating
3 or 4	High (H)
2	Medium (M)
0 or 1	Low (L)

**Step 4** Identify Physical Stressors  
 Mark physical stressors observed:  
 Vibration (V)  
 Low Temperatures (L)  
 Soft Tissue Compression (S)  
 Impact Stress (I)  
 Glove Issues (G)

Use the corresponding letters to show location of stressors.



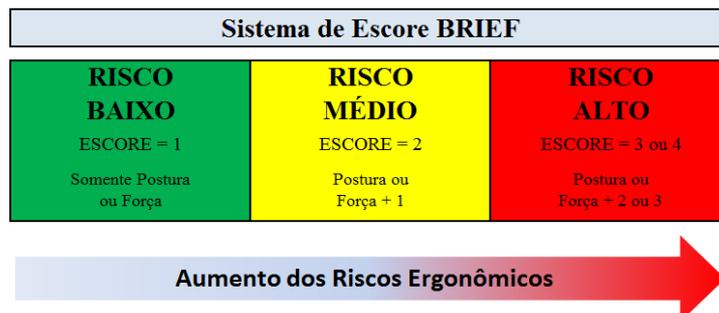
© 2002 by Humantech, Inc. www.humantech.com • Tel. 734.663.6707 Fax 734.663.7747

Fonte: Humantech, 2007

Para preencher o formulário BRIEF, é preciso seguir os seguintes passos:

- ✓ Passo 1: Preencher as Informações
- ✓ Passo 2: Identificar os riscos
- ✓ Passo 3: Determinar a classificação do risco
- ✓ Passo 4: Identificar os estressores físicos

Figura 4 – Sistema de Escore do Formulário BRIEF



Fonte: Humantech, 2007

Figura 5 – Formulário BEST

**BEST™ – BRIEF™ EXPOSURE SCORING TECHNIQUE** Version 1.0

**Step 1**  
Complete Job Information  
Job Name: \_\_\_\_\_ Site: \_\_\_\_\_ Station: \_\_\_\_\_  
Date: \_\_\_\_\_ Dept: \_\_\_\_\_ Shift: \_\_\_\_\_ Product: \_\_\_\_\_

**Step 2**  
Transfer BRIEF Scores  
Transfer scores (0-4) from a completed BRIEF Survey.

Hands and Wrists		Elbows		Shoulders		Neck	Back	Legs
Left	Right	Left	Right	Left	Right			
0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Step 3**  
Determine Conversion Factors

BRIEF Score	Conv. Factor
4	10
3	5
2	3
1	1
0	0

Find each BRIEF Score in the table at right and determine the conversion factor for each body part.

**Step 5**  
Summarize Physical Stressors  
Place a 2 in the box for each physical stressor marked on the BRIEF, and a 0 for each physical stressor not marked.

Vibration	Low Temperatures	Soft Tissue Compression	Impact Stress	Glove Issues
0	0	0	0	0

**Step 4**  
Add Conversion Factors  
0

**Step 6**  
Add Physical Stressor Scores  
0

**Step 7**  
Calculate Job Risk Factor Score  
(Conversion Factors + Physical Stressor Scores)  
0

**Step 8**  
Determine Time Exposure Multiplier  
Use the table at left to determine the appropriate multiplier.  
0

Time on Task Per Week	Multiplier
> 40 hours	1.25
20 - 40 hours	1.0
4 - 19 hours	0.8
< 4 hours	0.4

**Step 9**  
Calculate Job Hazard Score  
(Job Risk Factor Score x Time Exposure Multiplier)  
0.00

Job Hazard Score	Priority
0 - 9	Low
10 - 29	Medium
30 - 49	High
50+	Very High

Comments: \_\_\_\_\_

© 2002 by Humantech, Inc. www.humantech.com • Tel. 734.663.6707 Fax 734.663.7747

Fonte: Humantech, 2007

Para preencher o formulário BEST, é preciso seguir os seguintes passos:

- ✓ Passo 1: Completar as informações.
- ✓ Passo 2: Transferir os escores do BRIEF para cada parte do corpo.
- ✓ Passo 3: Determinar os fatores de conversão.
- ✓ Passo 4: Adicionar os fatores de conversão.
- ✓ Passo 5: Somar os estressores físicos.
- ✓ Passo 6: Adicionar o escore dos estressores físicos.
- ✓ Passo 7: Calcular o escore do fator de risco.
- ✓ Passo 8: Determinar o multiplicador por tempo de exposição.
- ✓ Passo 9: Calcular o escore final da atividade.

Quadro 2 – Range de Prioridade BEST

Prioridade			
Baixa	Média	Alta	Muito Alta
0 à 9	10 à 29	30 à 49	50 à ...

Fonte: Humantech, 2007

### 2.2.5 Processo de Simulação Humana – Jack

Com uso de ferramentas de simulação humana, é possível melhorar a ergonomia do design dos produtos e refinar as tarefas industriais desde os primeiros estágios do processo de engenharia (TECNOMATIX, 2016).

O Jack é uma ferramenta de simulação humana usada para popular ambientes digitais com pessoas virtuais e dimensioná-los de acordo com a população de operários. Além disso, é possível testar o design quanto a diversos fatores humanos, incluindo o risco de lesões, o conforto do usuário, a capacidade de realização, as linhas de visão, o gasto de energia, os limites de fadiga e outros parâmetros importantes. Esses produtos facilitam a economia de tempo e dinheiro, fornecendo orientação para designs mais amigáveis durante todo o processo de engenharia (TECNOMATIX, 2016).

Figura 6 – Exemplo de uso do Jack



**Fonte:** Tecnomatix, 2016

Os principais recursos e benefícios são: Dimensionar figuras humanas que são antropométrica e biomecanicamente exatas; posicionar os principais métodos de setor para simular condições de tarefa com rapidez; janelas de visão ocular e análise do campo de visão; criar envelopes para agilizar a configuração do local de trabalho; filmes e capturas de tela para documentação e apresentações; amplo suporte ao hardware de captura de movimento de realidade virtual (TECNOMATIX, 2016).

## 2.3. PROCESSO DE MONTAGEM

### 2.3.1 Junta parafusada (Roscada)

Segundo PARETO (1982) existem várias maneiras de fixar peças e componentes uns aos outros, p.ex., cola, rebites, solda. Entretanto, até hoje o método mais comum de unir componentes é usar um parafuso para unir as partes da junta com uma porca ou diretamente em um furo rosqueado em um dos componentes. As vantagens desse método são a simplicidade do projeto e da montagem, a facilidade de desmontagem, a produtividade e, finalmente, o custo.

De acordo com o guia ATLAS COPCO (2003) as juntas parafusadas variam não apenas em tamanho, mas também de tipo, o que muda as características das juntas. Do ponto de vista do aperto, a qualidade mais importante de uma junta é sua “dureza”. Em números, isso pode ser definido como “faixa de torque” que é o ângulo de aperto necessário para alcançar o torque recomendado da dimensão e qualidade do parafuso em questão medido a partir do encosto – o ponto no qual os componentes e a cabeça do parafuso são apertados.

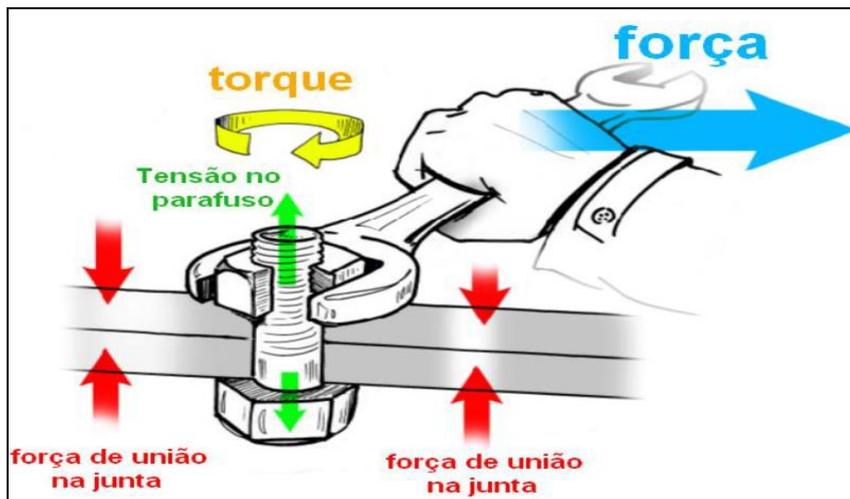
A faixa de torque pode variar consideravelmente entre parafusos do mesmo diâmetro. Um parafuso curto que une componentes de metal planos, alcança o torque nominal em apenas uma fração de volta do parafuso. Esse tipo de junta é definido como “junta rígida”. Uma junta com um parafuso longo que deve comprimir componentes macios, tais como arruelas ou arruelas de pressão, requer um ângulo muito maior, possivelmente ainda várias voltas do parafuso ou da porca para alcançar o torque nominal. Este tipo de junta é descrito como junta flexível. Obviamente, os dois tipos diferentes de juntas comportam-se de maneira diferente durante o processo de aperto (ATLAS COPCO, 2003).

### 2.3.2 Torque

As especificações de torque variam consideravelmente dependendo das demandas de qualidade da junta. Uma junta de segurança em um carro a motor, tal como a suspensão da roda, não pode falhar e, conseqüentemente, está sujeita a requisitos de tolerância muito rígidos. Por outro lado, uma porca usada para prender o parafuso de ajuste da altura de uma bancada não é considerada crucial do ponto de vista da força de união não sendo, portanto, necessário especificar um requisito de torque (ATLAS COPCO, 2003).

Conforme ATLAS COPCO (2003), estando os componentes da junta montados e devidamente “encostados”, aplicando-se em uma ferramenta uma força perpendicular à direção que passa pelo centro do parafuso, estamos aplicando um torque o qual efetua o giro da porca. Simultaneamente ao giro ocorre o tensionamento do parafuso que gera a força de união. O processo é efetuado em um determinado tempo.

Figura 7 – Aperto por Torque – Processo básico



**Fonte:** Atlas Copco, 2013

Também de acordo com o guia ATLAS COPCO (2003) o processo de aperto também exerce uma influência importante na qualidade da junta parafusada. Uma junta apertada manualmente comporta-se de forma completamente diferente daquela apertada usando uma ferramenta.

### 2.3.3 Sistemas de aperto

Segundo Atlas COPCO (2003), um sistema de aperto engloba todo o equipamento envolvido, no caso de uma montagem de componentes por meio de uma junta parafusada, o sistema de aperto considera a ferramenta em si, podendo ser uma parafusadeira pneumática, hidropneumática, de impacto, rotativa, eletrônica, entre outras. Bem como os demais componentes envolvidos, itens de sustentação, absorção da reação, cabos, mangueiras, conexões e todo e qualquer acessório, como soquetes, extensões, etc.

### 2.3.4 Ferramenta de Aperto - Parafusadeira

As parafusadeiras são apresentadas em modelos tipo pistola, reto ou angular. Na maioria dos casos a seleção é óbvia – modelos tipo pistola para operação horizontal, modelos retos para operação vertical e ferramentas angulares para acesso à juntas em posições desconfortáveis (ATLAS COPCO, 2003).

Além da precisão do torque, outros fatores são considerados na seleção. As forças de reação de torque, o ruído, a vibração, o consumo de energia entre outros. As parafusadeiras mais utilizadas são acionadas por motores elétricos universais, por motores elétricos de baixa voltagem ou por motores pneumáticos (ATLAS COPCO, 2003).

Ainda, segundo Atlas Copco (2003), os motores pneumáticos são os mais potentes usados em ferramentas portáteis no que se refere à relação peso e dimensão. Eles também são robustos, resistentes à desgaste e insensíveis à sobrecarga, o que os torna ideais como unidades de energia em parafusadeiras manuais. As ferramentas também podem ser pequenas e fáceis de manejar, têm uma longa vida útil e podem ser operadas e submetidas à manutenção sem risco de falha ou choque elétrico devido a curto-circuito.

Figura 8 – Parafusadeira Pneumática



**Fonte:** Atlas Copco, 2013

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1. MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS**

#### **3.1.1 Coleta de dados**

Para a realização da coleta de dados o primeiro passo foi o estudo aprofundado dos conceitos acerca da ergonomia e das ferramentas de análise ergonômica, suas técnicas e métodos de aplicação, bem como a definição da ferramenta utilizada. A fase exploratória do estudo, fase em que, de acordo com Gil (1991) buscamos nos familiarizar com a questão de estudo.

O próximo passo foi a coleta de dados propriamente dita, realizada no posto de montagem em estudo. Visando caracterizar em detalhes o processo de montagem, ou seja, um estudo de caso, que, segundo Gil (1991) é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

Foram realizadas observações do processo de montagem utilizando tanto o método atual, ou seja, com o sistema de aperto empregado atualmente, quanto posteriormente utilizando os diferentes sistemas de aperto propostos pelo autor. Os dados coletados consistiram basicamente em: filmagens, tomadas de tempo, e consulta de dados referentes aos equipamentos, ferramentas e peças manuseadas (peso e demais características). Buscando assim, descrever minuciosamente a atividade analisada, visando identificar as posturas, a frequência com que se realizam cada uma das tarefas e o tempo de exposição do montador a cada condição.

Configurando-se assim como uma etapa descritiva do estudo, uma vez que foram quantificadas as observações e medições realizadas. E, de acordo com Vergara (1998) a pesquisa descritiva é aquela que estabelece relações entre variáveis.

#### **3.1.2 Análise de dados**

A análise dos dados correspondeu à aplicação da ferramenta de análise ergonômica em si, ou seja, nesta etapa os dados coletados foram lançados nos formulários BRIEF e BEST.

Para então realizar a análise utilizando as premissas de análise apresentadas no segundo capítulo.

Através da aplicação ferramenta foi possível identificar, mensurar e classificar os riscos ergonômicos aos quais o montador está exposto. Fornecendo subsídios para a análise e priorização dos pontos críticos a serem considerados na proposição de melhorias. Para as quais foram buscadas alternativas (diferentes sistemas de aperto) para propor, visando sua redução/eliminação.

Por fim, foi aplicada a ferramenta ergonômica de forma experimental e conceitual em cada uma das alternativas propostas. Buscando, dessa forma, apontar dentre as propostas qual proporcionaria o maior benefício. Ou seja, qual delas representaria a melhor ação de melhoria, sendo a mais indicada para o processo de montagem estudado e deixando a atividade o mais próximo possível da condição considerada ideal.

### 3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para a realização deste estudo, os principais materiais utilizados foram: livros, formulários BRIEF e BEST impressos, manuais de operação de equipamentos, catálogos de equipamentos, e, material de expediente em geral.

Os equipamentos utilizados, por se tratar de uma análise, foram apenas uma câmera fotográfica digital utilizada para a realização da coleta de dados, com a qual foi feito o vídeo, do qual foram retiradas as principais informações como posturas, tempo de exposição, frequência de realização dos movimentos, etc. E, um computador portátil utilizado para realização de pesquisas e elaboração do estudo propriamente dito.

### 3.3 DESCRIÇÃO DA AMOSTRA

A amostra analisada consistiu em um processo de montagem, no qual se analisou ergonomicamente 3 sistemas de aperto (1 atualmente utilizado, e, 2 dos 3 propostos, visto que uma das alternativas propostas teve problema de interferência inviabilizando a análise) e um montador, o qual realizou o processo de montagem ao longo de toda a realização do estudo.

## **4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **4.1. DIAGNÓSTICO DO PROCESSO**

Iida (1990), diz que a descrição da tarefa abrange aspectos envolvendo o objetivo desta, o operador, as características técnicas, as aplicações, as condições operacionais e as condições ambientais.

O processo escolhido para ser utilizado na realização da análise é tratado como um exemplo. Os dados foram coletados através de um vídeo que contemplou todo o processo analisado, através do qual foi possível identificar os detalhes da atividade, tais como a ferramenta utilizada, o torque aplicado, as posturas, o tempo de exposição e a frequência com que se realiza cada tarefa.

No exemplo analisado, a atividade de aperto se dá em uma linha de montagem, como parte da atividade total realizada pelo montador em cada produto que passa pela sua estação de trabalho. Para cada produto o montador tem uma gama de atividades que, totalizadas, somam em torno de 45 minutos e se repetem 11 ciclos ao longo do dia de trabalho.

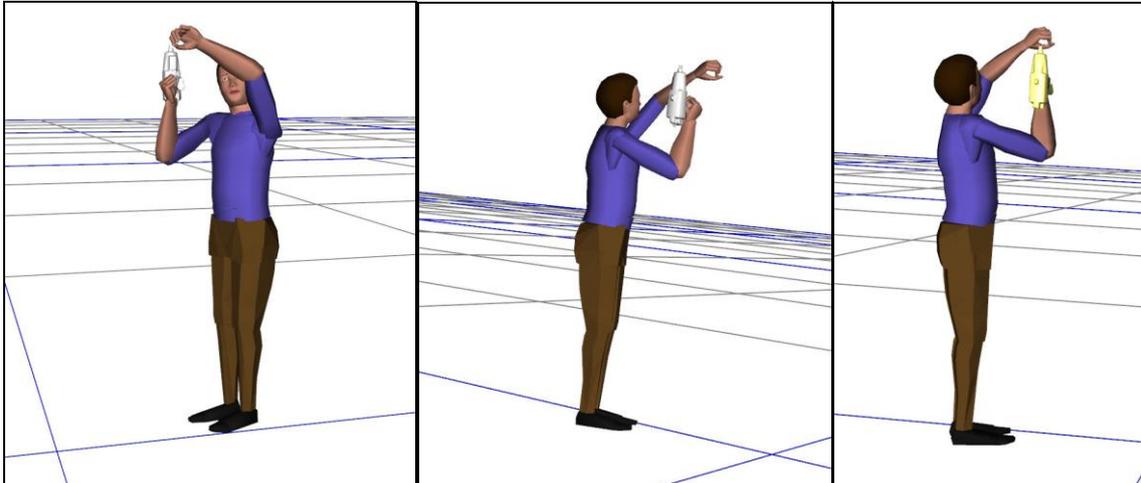
A atividade de aperto consiste no aperto de 12 parafusos. O tempo total de duração da atividade em si, é de 1,5 minutos por ciclo. Este aperto atualmente é realizado pelo montador utilizando uma parafusadeira hidropneumática e uma chave de boca combinada, chamada de chave auxiliar, a qual serve para evitar que a porca gire juntamente com o parafuso durante o processo de aperto. O torque especificado e aplicado em cada um dos parafusos é de 130N.m.

A parafusadeira utilizada é da marca Uryu, modelo ULT150, indicada para torques entre 130 e 210N.m, e, o peso do equipamento é de 6,4 libras, aproximadamente 3Kg. Não é utilizado nenhum tipo de sustentação para a parafusadeira no sistema de aperto atual.

As parafusadeiras são ferramentas comparativamente pequenas e leves, mas quando o pequeno esforço de levantar e abaixar a parafusadeira durante o ciclo de operação de aperto é repetido talvez centenas de vezes por hora, mesmo o baixo peso de uma parafusadeira torna-se uma carga para o operador. O mesmo se aplica ao torque de reação de uma operação de aperto de parafuso (ATLAS COPCO, 2013).

As principais posturas, ou seja, as posturas mais críticas identificadas no vídeo foram simuladas no Software Jack (Ferramenta de simulação humana), e são apresentadas a seguir:

Figura 9 – Posturas Identificadas (Simuladas em Jack)



**Fonte:** Autor, 2016

O tempo de exposição em cada postura, a parte do corpo impactada, a força, e a frequência, bem como os estressores físicos identificados na realização da atividade podem ser visualizadas no formulário BRIEF, na análise ergonômica propriamente dita, apresentada a seguir.

#### 4.2. ANÁLISE ERGONOMICA

O passo seguinte à realização do diagnóstico do processo, no qual foram coletados todos os dados pertinentes, é preenchimento dos formulários da ferramenta de análise ergonômica, BRIEF e BEST.

Começamos então pelo formulário BRIEF:

Figura 10 – Formulário BRIEF preenchido.

**BRIEF™ Survey – BASELINE RISK IDENTIFICATION OF ERGONOMIC FACTORS** Version 3.0

**Step 1**  
 Complete Job Information  
 Job Name: Montagem-Exemplo Site: \_\_\_\_\_ Station: \_\_\_\_\_  
 Date: 08/23/16 Dept: \_\_\_\_\_ Shift: \_\_\_\_\_ Product: \_\_\_\_\_

**Step 2**  
 Identify Risks  
 2a. Mark Posture and Force boxes when risk factors are observed.  
 2b. For body parts with Posture or Force marked, mark Duration and/or Frequency boxes when limits are exceeded.

	Hands and Wrists		Elbows		Shoulders		Neck		Back		Legs
	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Twisted	Unsupported	Ununsupported
<b>2a. Posture</b>	<input checked="" type="checkbox"/>										
<b>Force</b>	<input checked="" type="checkbox"/>										
<b>2b. Duration</b>	<input checked="" type="checkbox"/>										
<b>Frequency</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Score</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>Risk Rating</b>	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L

**Step 3**  
 Determine Risk Rating  
 In the Score box, write the number of risk factor categories (0-4) checked for each body part. Using the table at right, circle the corresponding Risk Rating for each body part.

Score	Risk Rating
3 or 4	High (H)
2	Medium (M)
0 or 1	Low (L)

**Step 4**  
 Identify Physical Stressors  
 Mark physical stressors observed:  
 Vibration (V)  
 Low Temperatures (L)  
 Soft Tissue Compression (S)  
 Impact Stress (I)  
 Glove Issues (G)

Use the corresponding letters to show location of stressors.

© 2002 by Humantech, Inc. www.humantech.com ■ Tel. 734.663.6707 Fax 734.663.7747

Fonte: Autor, 2016

A avaliação ergonômica utilizando o método proposto pela Humantech, tem o formulário BRIEF dividido em seis partes do corpo: *hands and wrists* (mãos e punhos), *elbows* (cotovelos), *shoulders* (ombros), *neck* (pescoço), *back* (costas) e *legs* (pernas). Para análise específica. Para cada uma, inicia-se marcando as posturas identificadas, então, é flegada a aplicabilidade ou não de fatores como força, duração e frequência. Se se enquadram ou não ao critério determinado.

Para mãos e punhos (*hands and wrists*): Foram identificadas duas posturas de risco, punho estendido (*extended*)  $\geq 45^\circ$  e desvio ulnar (*ulnar deviation*), tanto para o punho direito (*right*) quanto para o esquerdo (*left*). Também, foi flegada a duração (*duration*), por ser maior do que 10 segundos. Gerando um escore de 2, ranqueando assim o risco como médio para ambos os lados.

Para os cotovelos (*elbows*): Foram identificadas duas posturas de risco, rotação do antebraço (*rotated forearm*) e braço totalmente estendido (*fully extended*), tanto para o braço direito quanto para o esquerdo. Também, foram flegados: a força (*force*) no braço direito por ser maior que 4,5Kg (braço que segura a parafusadeira e demais componentes do sistema de aperto); a duração (*duration*), por ser maior do que 10 segundos em ambos os lados; a frequência (*frequency*), por ser maior do que 2 vezes por minuto. Gerando um escore de 3 para o braço esquerdo e 4 para o braço direito, ranqueando assim o risco como alto para ambos os lados.

Para os ombros (*shoulders*): Foi identificada uma postura de risco, braço levantado (*arm raised*)  $\geq 45^\circ$ , tanto para o braço direito quanto para o esquerdo. Também, foram flegados: a força no braço direito por ser maior que 4,5Kg (braço que segura a parafusadeira e demais componentes do sistema de aperto); a duração, por ser maior do que 10 segundos em ambos os lados; a frequência, por ser maior do que 2 vezes por minuto. Gerando um escore de 3 para o braço esquerdo e 4 para o braço direito, ranqueando assim o risco como alto para ambos os lados.

Para o pescoço (*neck*): Foram identificadas duas posturas de risco, pescoço inclinado lateralmente (*sideways*) e estendido (*extended*). Também, foram flegados: a duração, por ser maior do que 10 segundos; a frequência, por ser maior do que 2 vezes por minuto. Gerando um escore de 3, e, ranqueando assim o risco como alto.

Para as costas (*back*): Foram identificadas quatro posturas de risco, costas flexionadas (*flexed*)  $\geq 20^\circ$ , inclinada lateralmente (*sideways*), tronco estendido (*extended*) e torcido (*twisted*). Também, foram flegados: a duração, por ser maior do que 10 segundos; a frequência, por ser maior do que 2 vezes por minuto. Gerando um escore de 3, e, ranqueando assim o risco como alto.

E, por fim, para as pernas (*legs*): Foi identificada uma postura de risco, a postura agachada (*squat*). Também, foi flegada a frequência, por ser maior do que 2 vezes por minuto. Gerando um escore de 2, e, ranqueando assim o risco como médio.

Como estressor físico (*physical stressors*) foi identificado a vibração (*vibration*) na mão, punho, cotovelo e ombro direito e mão e punho esquerdo.

De posse destes dados, parte-se para o preenchimento do formulário BEST.

O primeiro passo é a transferência dos escores do BRIEF para o formulário. E, a eles aplicar o fator de conversão. Então, soma-se os valores, adiciona-se o escore dos estressores

físicos e por fim, multiplica-se o somatório pelo multiplicador definido pela tabela do tempo de exposição semanal na atividade (para a atividade foi aplicado 0,4 devido a exposição menor do que 4 horas semanais).

Figura 11 – Formulário BEST preenchido.

**BEST™ – BRIEF™ EXPOSURE SCORING TECHNIQUE** Version 1.0

**Step 1**  
Complete Job Information  
Job Name: Montagem - Exemplo Site: \_\_\_\_\_ Station: \_\_\_\_\_  
Date: 08/23/19 Dept: \_\_\_\_\_ Shift: \_\_\_\_\_ Product: \_\_\_\_\_

**Step 2**  
Transfer BRIEF Scores  
Transfer scores (0-4) from a completed BRIEF Survey.

Hands and Wrists		Elbows		Shoulders		Neck	Back	Legs
Left	Right	Left	Right	Left	Right			
2	2	3	4	3	4	3	3	2

**Step 3**  
Determine Conversion Factors

3	3	5	10	5	10	5	5	3
---	---	---	----	---	----	---	---	---

Find each BRIEF Score in the table at right and determine the conversion factor for each body part.

BRIEF Score	Conv. Factor
4	1.5
3	5
2	3
1	1
0	0

**Step 4**  
Add Conversion Factors

49

**Step 5**  
Summarize Physical Stressors  
Place a 2 in the box for each physical stressor marked on the BRIEF and a 0 for each physical stressor not marked.

Vibration	Low Temperatures	Soft Tissue Compression	Impact Stress	Glove Issues
2	0	0	0	0

**Step 6**  
Add Physical Stressor Scores

2

**Step 7**  
Calculate Job Risk Factor Score  
(Conversion Factors + Physical Stressor Scores)

51

**Step 8**  
Determine Time Exposure Multiplier  
Use the table at left to determine the appropriate multiplier.

Time on Task Per Week	Multiplier
> 40 hours	1.25
20 - 40 hours	1.0
4 - 19 hours	0.5
< 4 hours	0.4

0.4

**Step 9**  
Calculate Job Hazard Score  
(Job Risk Factor Score x Time Exposure Multiplier)

20.40

Comments:  
Peso da parafusadeira: 3 kg  
Torque: 130 N.m  
Duração da atividade: 1,5 m/ciclo

© 2002 by Humantech, Inc. www.humantech.com • Tel. 734.663.6707 Fax 734.663.7747

Fonte: Autor, 2016

Calculado o risco ergonômico na atividade, O resultado obtido foi uma pontuação 20,4, que se encontra na faixa de risco médio.

#### 4.3. PROPOSTAS DE SISTEMAS DE APERTO

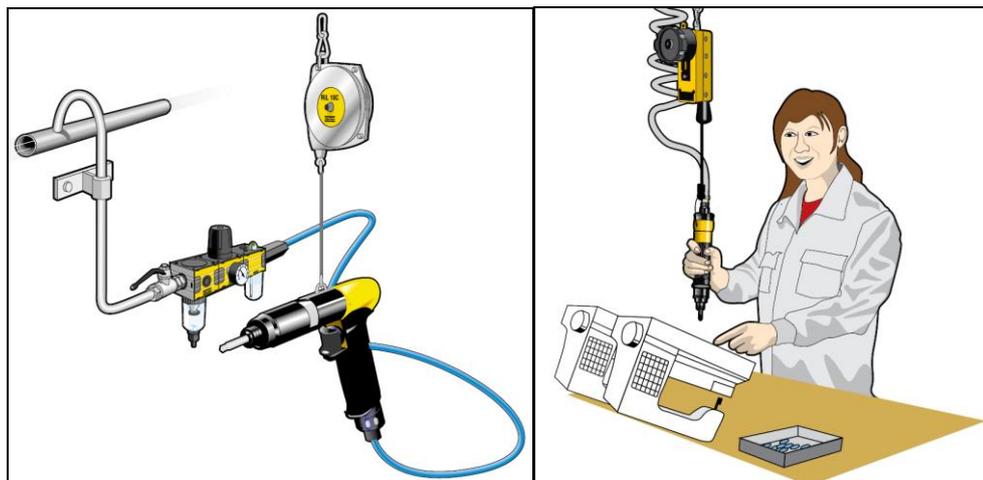
Após realizar a análise ergonômica do processo atual, se buscou alternativas de sistemas de aperto disponíveis no mercado, visando reduzir e, se possível, eliminar os riscos ergonômicos identificados no processo atual.

Dentre os sistemas disponíveis no mercado, foram selecionados três, seja tanto por familiaridade devido ao uso dos mesmos em processos similares, quanto por propostas de inovação e ofertas dos fornecedores de soluções. Dessa forma os três sistemas selecionados para análise foram: sistema com balancim, sistema com braço de gravidade zero e sistema com braço de reação.

#### 4.3.1. Balancim

O primeiro sistema de aperto testado foi o com balancim. Segundo o manual Atlas Copco (2013) existem dois tipos de balancins para escolher, Balancim padrão e Balancim de tensão constante.

Figura 12 – Tipos de Balancins (Padrão e Tensão Constante)



**Fonte:** Atlas Copco, 2013

O balancim de mola padrão aplica uma força sobre a ferramenta que retrai a ferramenta para uma posição de prontidão. Esta força aumenta quanto mais o fio é estendido. Cada vez que a ferramenta é utilizada o operador tem de superar a carga. Já o balancim de tensão constante se aplica uma força constante na ferramenta independentemente da extensão do fio. Isto reduz a carga sobre o operador. Uma desvantagem com este balancim é que a ferramenta tem de ser movida pelo operador para a posição de prontidão (ATLAS COPCO, 2013).

Ao testar este sistema constatou-se uma boa condição de sustentação da parafusadeira, reduzindo assim o esforço empregado pelo montador ao segurá-la. Porém, devido à posição de execução dos apertos, o uso deste tipo de sistema ficou inviabilizado, por não ter acesso. Como os apertos são realizados de baixo para cima, o cabo de sustentação interfere com as peças do conjunto sendo montado. Deste modo não se prosseguiu com a análise ergonômica para esta alternativa.

#### 4.3.2. Braço de Gravidade Zero - “Zero G”

O segundo sistema testado foi o com utilização de um braço de gravidade zero. Após contato com os representantes da empresa que o comercializa, os mesmos vieram e em conjunto se configurou o kit para a aplicação. Então, com o equipamento montado e regulado realizou-se o teste e por sua vez a avaliação ergonômica.

Figura 13 – Braço Zero G em Processo de Montagem



**Fonte:** Macco, 2016

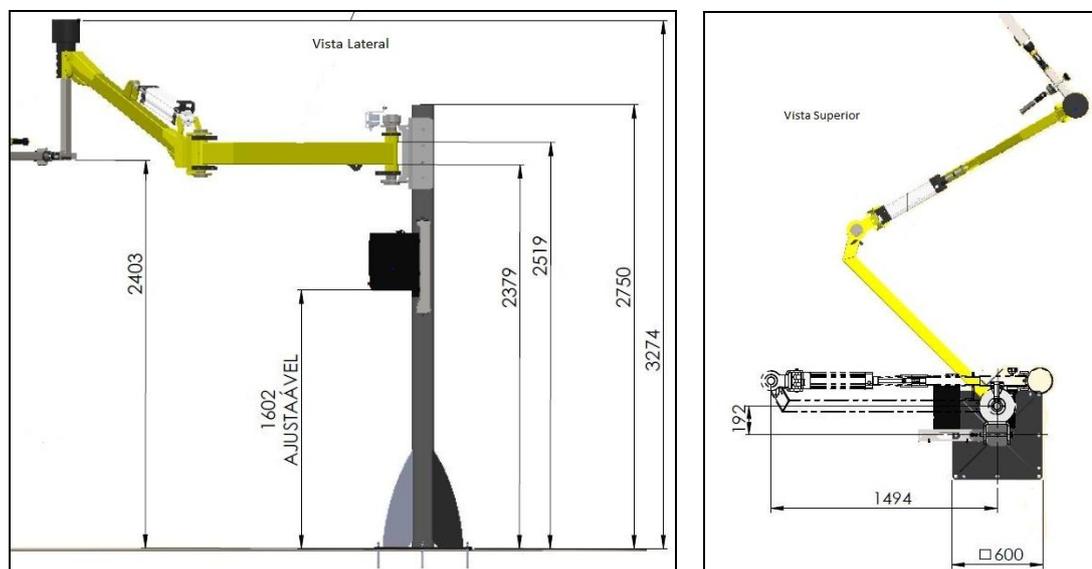
Disponível em várias configurações de montagem, o Braço da série EquiPois zero G®, da empresa Equipois Inc. é uma tecnologia patenteada que permite ferramentas, peças e outras cargas serem manuseadas sem peso, mas com total liberdade de movimentos. O ZeroG apresenta as modelos G2 e G4 com capacidade máxima de carga de 4,5Kg e 16Kg, respectivamente. E, com deslocamento de 736 mm por módulo, tanto na vertical quanto na horizontal (MACCO, 2016).

De acordo com MACCO (2016). O Braço Zero G aplica-se às indústrias automotiva, metalmeccânica, de fundição, indústrias pesadas e em aplicações como furação, retificação, esmerilhamento, rebiteamento, polimento, rosqueamento e em linhas de montagem. Requer aproximadamente 1 h para instalação e 30 min para treinamento. Possui chassi de alumínio 6063 T-6 e peças usinadas de alumínio 7075 T-6. O ZeroG apresenta diversos benefícios: Aumento de qualidade de processo; Redução de custos de lesão; Redução de danos a ferramenta; Aumento de satisfação do colaborador; Facilidade de utilização; Sem custo de energia e manutenções preventivas.

#### 4.3.3. Braço de Reação

Braços pantográficos para limitar a tensão das forças de reação devem ser sempre considerados na operação de montagem repetitiva (ATLAS COPCO, 2013).

Figura 14 – Braço de Reação em Processo de Montagem



**Fonte:** Atlas Copco, 2016

Assim como no teste realizado com o sistema anterior, o primeiro passo foi contatar os representantes da empresa que o comercializa, os mesmos vieram e em conjunto se configurou o kit para a aplicação. Porém desta vez, foi elaborada uma proposta virtual, ou seja, foi configurado um conjunto para atender as necessidades da atividade em um software.

Conjunto este utilizado posteriormente no JACK (ferramenta de simulação humana) para a realização da análise ergonômica do mesmo.

#### 4.4. ANALISE ERGONOMICA DOS SISTEMAS DE APERTO PROPOSTOS

##### 4.4.1. Análise ergonômica do sistema de aperto com Braço de Gravidade Zero -“Zero G”

Assim como foi feito na análise ergonômica do processo atual, foram preenchidos os formulários BRIEF e BEST.

Figura 15 – Formulário BRIEF do Sistema com Braço Zero G preenchido.

**BRIEF™ Survey – BASELINE RISK IDENTIFICATION OF ERGONOMIC FACTORS** Version 3.0

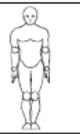
**Step 1** Job Name: Montagem-Exemplo Site: \_\_\_\_\_ Station: \_\_\_\_\_  
 Complete Job Information Date: 08/23/16 Dept: \_\_\_\_\_ Shift: \_\_\_\_\_ Product: \_\_\_\_\_

Step 2		Hands and Wrists		Elbows		Shoulders		Neck		Back		Legs
<b>Identify Risks</b>		 Flexed ≥ 45°  Ulnar Deviation		 Rotated Forearm  Fully Extended		 Arm Raised ≥ 45°  Shoulders Shrugged		 Flexed ≥ 30°  Twisted ≥ 20°		 Flexed ≥ 20°  Unsupported		 Squat ≥ 45°  Kneel  Unsupported
<b>2a. Posture</b>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Force</b>		Pinch Grip or Finger Press ≥ 2 lb (0.9 kg), or Power Grip ≥ 10 lb (4.5 kg)		≥ 10 lb (4.5 kg)	≥ 10 lb (4.5 kg)	≥ 10 lb (4.5 kg)	≥ 10 lb (4.5 kg)	≥ 2 lb (0.9 kg)	≥ 25 lb (11.3 kg)	Foot Pedal ≥ 10 lb (4.5 kg)		
<b>2b. Duration</b>		≥ 10 sec	≥ 10 sec	≥ 10 sec	≥ 10 sec	≥ 10 sec	≥ 10 sec	≥ 10 sec	≥ 10 sec	≥ 30% of day		
<b>Frequency</b>		≥ 30/min	≥ 30/min	≥ 2/min	≥ 2/min	≥ 2/min	≥ 2/min	≥ 2/min	≥ 2/min	≥ 2/min		
<b>Score</b>		2	0	2	0	2	0	2	2	2		1
<b>Risk Rating</b>		H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L

**Step 3** Determine Risk Rating: In the Score box, write the number of risk factor categories (0-4) checked for each body part. Using the table at right, circle the corresponding Risk Rating for each body part.

Score	Risk Rating
3 or 4	High (H)
2	Medium (M)
0 or 1	Low (L)

**Step 4** Identify Physical Stressors: Mark physical stressors observed:  Vibration (V),  Low Temperatures (L),  Soft Tissue Compression (S),  Impact Stress (I),  Glove Issues (G). Use the corresponding letters to show location of stressors.



© 2002 by HumanTech, Inc. www.humantech.com | Tel: 734.663.6707 Fax: 734.663.7747

Fonte: Autor, 2016

Figura 16 – Formulário BEST do Sistema com Braço Zero G preenchido.

**BEST™ – BRIEF™ EXPOSURE SCORING TECHNIQUE** Version 1.0

**Step 1**  
Complete Job Information  
Job Name: Montagem - Exemplo Site: \_\_\_\_\_ Station: \_\_\_\_\_  
Date: 08/23/13 Dept: \_\_\_\_\_ Shift: \_\_\_\_\_ Product: \_\_\_\_\_

**Step 2**  
Transfer BRIEF Scores  
Transfer scores (0-4) from a completed BRIEF Survey.

Hands and Wrists		Elbows		Shoulders		Neck	Back	Legs
Left	Right	Left	Right	Left	Right			
2	0	2	0	2	0	2	2	1

**Step 3**  
Determine Conversion Factors

3	0	3	0	3	0	3	3	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Find each BRIEF Score in the table at right and determine the conversion factor for each body part.

BRIEF Score	Conv. Factor
4	1.5
3	1
2	0.5
1	0.25
0	0

**Step 4**  
Add Conversion Factors

16

**Step 5**  
Summarize Physical Stressors  
Place a 2 in the box for each physical stressor marked on the BRIEF, and a 0 for each physical stressor not marked.

Vibration	Low Temperatures	Soft Tissue Compression	Impact Stress	Glove Issues
0	0	0	0	0

**Step 6**  
Add Physical Stressor Scores

0

**Step 7**  
Calculate Job Risk Factor Score  
(Conversion Factors + Physical Stressor Scores)

16

**Step 8**  
Determine Time Exposure Multiplier  
Use the table at left to determine the appropriate multiplier.

Time on Task Per Week	Multiplier
> 40 hours	1.25
20 - 40 hours	1.0
4 - 19 hours	0.5
< 4 hours	0.4

0.4

**Step 9**  
Calculate Job Hazard Score  
(Job Risk Factor Score x Time Exposure Multiplier)

6.40

**Comments:**  
Peso da parafusadeira: 3 kg  
Torque: 130 N.m  
Duração da atividade: 1,5 m/ciclo

© 2002 by Humantech, Inc. www.humantech.com • Tel: 734-663-6707 Fax: 734-663-1747

Fonte: Autor, 2016

Como se pode verificar na análise ergonômica, calculou-se o risco ergonômico na atividade, alcançando uma pontuação 6,4, que se encontra na faixa de risco baixo. A redução no comparativo com o sistema atual se deve essencialmente ao fato de o braço sustentar o peso da parafusadeira, minimizando o esforço feito pelo montador, bem como a transmissão da vibração, que agora é absorvida pelo sistema. Outros pontos positivos que se precisa salientar são a redução das posturas de risco, bem como, em alguns casos a redução do tempo de exposição e da frequência.

#### 4.4.2. Análise ergonômica do sistema de aperto com Braço de Reação

Da mesma forma que nos sistemas anteriores, na análise ergonômica foram preenchidos os formulários BRIEF e BEST.

Figura 17 – Formulário BRIEF- do Sistema com Braço de Reação preenchido

**BRIEF™ Survey – BASELINE RISK IDENTIFICATION OF ERGONOMIC FACTORS** Version 3.0

**Step 1 Complete Job Information**  
 Job Name: Montagem - Exemplo Site: \_\_\_\_\_ Station: \_\_\_\_\_  
 Date: 08/23/16 Dept: \_\_\_\_\_ Shift: \_\_\_\_\_ Product: \_\_\_\_\_

Identify Risks	Hands and Wrists		Elbows		Shoulders		Neck	Back		Legs
	Left	Right	Left	Right	Left	Right				
<b>2a. Posture</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
<b>Force</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
<b>2b. Duration</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Frequency</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Score</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Risk Rating</b>	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L

**Step 3 Determine Risk Rating**  
 In the Score box, write the number of risk factor categories (0-4) checked for each body part. Using the table at right, circle the corresponding Risk Rating for each body part.

Score	Risk Rating
3 or 4	High (H)
2	Medium (M)
0 or 1	Low (L)

**Step 4 Identify Physical Stressors**  
 Mark physical stressors observed:  
 Vibration (V)  
 Low Temperatures (L)  
 Soft Tissue Compression (S)  
 Impact Stress (I)  
 Glove Issues (G)

Use the corresponding letters to show location of stressors.

© 2002 by HumanTech, Inc. www.humantech.com | Tel: 734.663.6707 Fax: 734.663.7747

Fonte: Autor, 2016

Figura 18 – Formulário BEST- Braço de Reação preenchido

**BEST™ – BRIEF™ EXPOSURE SCORING TECHNIQUE** Version 1.0

**Step 1 Complete Job Information**  
 Job Name: Montagem - Exemplo Site: \_\_\_\_\_ Station: \_\_\_\_\_  
 Date: 08/23/13 Dept: \_\_\_\_\_ Shift: \_\_\_\_\_ Product: \_\_\_\_\_

**Step 2 Transfer BRIEF Scores**  
 Transfer scores (0-4) from a completed BRIEF Survey.

	Hands and Wrists		Elbows		Shoulders		Neck	Back	Legs
	Left	Right	Left	Right	Left	Right			
Score	2	0	2	0	3	0	2	2	2

**Step 3 Determine Conversion Factors**  
 Find each BRIEF Score in the table at right and determine the conversion factor for each body part.

BRIEF Score	Conv. Factor
4	1.0
3	0.5
2	0.3
1	0.1
0	0

**Step 4 Add Conversion Factors**  
 20

**Step 5 Summarize Physical Stressors**  
 Place a 2 in the box for each physical stressor marked on the BRIEF, and a 0 for each physical stressor not marked.

Vibration	Low Temperatures	Soft Tissue Compression	Impact Stress	Glove Issues
0	0	0	0	0

**Step 6 Add Physical Stressor Scores**  
 0

**Step 7 Calculate Job Risk Factor Score**  
 (Conversion Factors + Physical Stressor Scores)  
 20

**Step 8 Determine Time Exposure Multiplier**  
 Use the table at left to determine the appropriate multiplier.

Time on Task Per Week	Multiplier
> 40 hours	1.25
20 - 40 hours	1.0
4 - 19 hours	0.5
< 4 hours	0.4

0.4

**Step 9 Calculate Job Hazard Score**  
 (Job Risk Factor Score x Time Exposure Multiplier)  
 8.00

**Comments:**  
 Peso da parafusadeira: 3 kg  
 Torque: 130 N.m  
 Duração da atividade: 1,5 m/ciclo

© 2002 by HumanTech, Inc. www.humantech.com | Tel: 734.663.6707 Fax: 734.663.7747

**Fonte:** Autor, 2016

Conforme se pode verificar na análise ergonômica, calculou-se o risco ergonômico na atividade, alcançando uma pontuação 8, que se encontra na faixa de risco baixo. Assim como no sistema com braço de gravidade zero, a redução no comparativo com o sistema atual se deve essencialmente ao fato de o braço sustentar o peso da parafusadeira, minimizando o esforço feito pelo montador, bem como a transmissão da vibração, que agora é absorvida pelo sistema.

#### 4.5. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE APERTO MAIS APROPRIADO

Uma vez realizado o diagnóstico do processo atual, sua respectiva análise ergonômica e, de posse destes dados realizada a busca por sistemas de aperto que se disponíveis no mercado. Contatados as empresas representantes, realizados os testes e as análises ergonômicas de cada sistema. É possível compará-los, para, como inicialmente proposto por este estudo, realizar o comparativo e a definição do sistema mais apropriado com base em critérios ergonômicos.

Quadro 3 – Quadro Comparativo – Sistemas de Aperto

<b>Sistema de Aperto</b>	<b>Pontuação - Análise Ergonômica BRIEF e BEST</b>	<b>Faixa de Risco</b>
<b>Sistema atual</b> (parafusadeira manuseada diretamente pelo montador)	20,4	MÉDIO
<b>Sistema com Balancin</b>	NA	NA
<b>Sistema com Braço de Gravidade Zero - "Zero G"</b>	6,4	BAIXO
<b>Sistema com Braço de Reação</b>	8,0	BAIXO

**Fonte:** Autor, 2016

Como se pode verificar no quadro comparativo, o sistema de aperto mais adequado para o processo de montagem estudado é o sistema com Braço Zero G, por obter a menor

pontuação, atingindo assim a melhor classificação de risco, com 6,4 pontos, contra os 8 pontos do outro sistema testado e analisado e os 20,4 pontos do sistema atual.

A redução na pontuação da análise ergonômica foi bastante significativa, de 20,4 para 6,4. Ou seja, uma redução de 68%. Bem como a alteração da faixa de risco, no processo atual classificado como Risco Médio enquanto o processo utilizando o sistema de aperto com o Braço Zero G é classificado como Risco Baixo.

Outro ponto que cabe salientar é a diferença entre os sistemas propostos, os braços Zero G e de Reação. Ambos eliminam dois dos principais riscos que a atividade oferece a saúde do montador, que são o esforço para sustentar o peso do equipamento e a vibração. Porém, quando se analisa a questão postural, o Braço Zero G se destaca por ser mais flexível, uma vez que é composto por módulos menores, ou seja, tem um número maior de articulações e permite uma gama maior de movimentos em postura favorável do que o Braço de Reação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste estudo foi possível analisar ergonomicamente um processo de montagem e, propor processos alternativos utilizando critérios ergonômicos na definição do sistema de aperto mais adequado. Esta análise foi realizada utilizando a ferramenta de análise ergonômica da Humantech, os BRIEF e BEST.

O processo de montagem foi caracterizado por meio de uma conversa com o montador, vídeo, e observações estruturadas de modo se obter um conhecimento detalhado do mesmo. Analisando informações como: posturas, tempo de exposição, frequência de realização das tarefas e consulta de dados referentes aos equipamentos, ferramentas e peças manuseadas (peso e demais características).

A análise do processo de montagem atual apresentou algumas posturas inadequadas, e outros riscos ergonômicos, como principalmente o peso do equipamento utilizado pelo montador (a parafusadeira). Atingindo uma pontuação de 20,4. Caracterizando um risco médio.

Com base nos resultados da análise do processo atual, buscou-se no mercado sistemas de aperto alternativos. Utilizando critérios ergonômicos na definição do sistema mais adequado. Foram utilizados: o sistema com balancim (que teve interferência com o conjunto sendo montado, inviabilizando a utilização), o sistema com Braço Zero G (que obteve uma pontuação 6,4), e o sistema com Braço de Reação (o qual obteve uma pontuação 8). Sendo assim, o sistema com braço Zero G o mais apropriado para o processo de montagem estudado.

Pode-se dizer que a realização deste estudo foi importante para a empresa, por realizar este comparativo através do uso de técnicas/ferramentas de avaliação ergonômica na escolha/definição de ferramentas e sistemas que visem garantir um ambiente de trabalho com melhor performance produtiva e também garantindo a integridade física dos colaboradores.

Para o acadêmico fica o aprendizado e a experiência que se obteve com a realização deste estudo, a partir do estudo dos conceitos a cerca da ergonomia, estudo aprofundado da ferramenta de análise ergonômica, e, do processo de montagem. A realização da análise ergonômica, e a proposição de sistemas de aperto alternativos, analisando e definindo o mais adequado com base em critérios ergonômicos, aplicando na prática os conceitos estudados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATLAS COPCO. **Tecnologia de Aperto – Guia de Bolso**. 2003.

ATLAS COPCO. **The Art of Ergonomics**. 2013.

GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem**. 4. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2005.

GUÉRIN, F. **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. São Paulo: Edgar Blucher, 2001.

HUMANTECH. **Ergonomic Design Guidelines for Engineers**. 3 ed. Ohio, EUA, 2007.

MACCO, Máquinas e Acessórios Ltda. **Proposta Técnica – Braço Zero-G**. 2016

McATAMNEY, Lynn; CORLETT, Nigel. **Rapid Upper Limb Assessment**. Disponível em: <<http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>>. Acesso em: 29 de agosto 2016

IIDA, I. **Ergonomia, Projeto e Produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 1990.

PARETO, Luis. **Elementos de Máquina**. São Paulo: Hemus, 1982.

VERGARA, Silvia C. **Projetos de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 1998.

TECNOMATIX, Simulação e Validação da Manufatura (Siemens); **Simulação Humana e Ergonomia**. Disponível em: <[http://www.plm.automation.siemens.com/pt\\_br/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/human-ergonomics/jack.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/pt_br/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/human-ergonomics/jack.shtml)>. Acesso em: 29 de agosto 2016

YIN, Robert. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2001.