



Leonardo de Oliveira Leusin

**ANÁLISE ERGONÔMICA DO PROCESSO DE
POSICIONAMENTO DOS COMPONENTES SOLDADOS EM
UMA CÉLULA ROBOTIZADA**

Horizontina

2015

Leonardo de Oliveira Leusin

**ANÁLISE ERGONÔMICA DO PROCESSO DE POSICIONAMENTO
DOS COMPONENTES SOLDADOS EM UMA CÉLULA ROBOTIZADA**

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: Leonardo Teixeira, Especialista.

Horizontina

2015

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“Análise ergonômica do processo de posicionamento dos componentes
soldados em uma célula robotizada”**

Elaborada por:

Leonardo de Oliveira Leusin

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: 23/11/2015
Pela Comissão Examinadora**

**Especialista. Leonardo Teixeira
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Mestre. Cassia Bordim
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Mestre. Luis Carlos Wachholz
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina
2015**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, irmão, namorada, agradeço pelo apoio e auxílio na conclusão de mais esta etapa em minha vida.

A FAHOR e seu corpo docente que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior.

A meu orientador, pelo suporte, correções e incentivo.

Aos amigos que fizeram parte da minha formação.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.” (JOSÉ DE ALENCAR)

RESUMO

O setor metal mecânico vive um momento em que cada vez se deve produzir mais, mas em menor tempo, devido a isso doenças ocupacionais podem ocorrer se o posto de trabalho dos operadores não for ergonomicamente correto para tal atividade, com isso a ergonomia tem papel fundamental neste contexto. Este trabalho tem como objetivo analisar e propor melhorias a operação de posicionamento de componentes a serem soldados em uma célula robotizada em uma empresa metal mecânica no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Para atingir o objetivo foi realizada uma coleta de dados aplicando o método de análise ergonômica RULA, assim sendo possível verificar o nível de ação de cada operação. Com o uso do método foi possível verificar as posturas que necessitavam de intervenção e no final do trabalho foram propostas melhorias no processo que têm em vista minimizar os riscos e até mesmo eliminar os problemas de ergonomia encontrados no processo de posicionamento das peças.

Palavras-chave:

método RULA - ergonomia - processo

ABSTRACT

The mechanical metal sector is experiencing a period where ever should produce more, but less time due to that occupational diseases can occur if the operator work station is not ergonomically correte for such activity with that ergonomics plays a key role in this context. This work aims to analyze and propose improvements to components positioning operation to be welded in a robot cell in a metalworking company in the northwestern state of Rio Grande do Sul. To achieve the goal a data collection was performed by applying the method ergonomic analysis RULA, so it is possible to check the level of action of each operation. Using the method was possible to verify the positions that required intervention and at the end of work were proposed improvements in the process that aim to minimize risk and even eliminate ergonomic problems encountered in the positioning of the pieces process.

Keywords:

RULA method - ergonomics - process

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Método OWAS para registro de postura	17
Figura 2: Classificação das posturas de acordo com a duração das posturas.	18
Figura 3: Classificação das posturas pela combinação das variáveis	19
Figura 4: Escores dos segmentos do corpo para o grupo A.....	21
Figura 5: Escores para o giro do punho	22
Figura 6: Escores dos segmentos do corpo para o grupo B.....	23
Figura 7: Pontuação para o esforço muscular.....	24
Figura 8: Pontuação para a carga.....	24
Figura 9: Resumo da pontuação	25
Figura 10: Pontuação final	26
Figura 11: Posicionamento dos elementos a serem soldados.....	31
Figura 12: Ajuste dos encostos do dispositivo.....	32
Figura 13: Colocação dos grampos de aperto.....	32
Figura 14: Abertura dos grampos de aperto.....	33
Figura 15: Retirada da peça soldada do dispositivo	33
Figura 16: Análise da postura 1	34
Figura 17: Análise da postura 2	35
Figura 18: Análise da postura 3	36
Figura 19: Análise da postura 4	37
Figura 20: Análise da postura 5	38
Figura 21: Análise da situação futura da postura 1	39
Figura 22: Análise da situação futura da postura 2	40
Figura 23: Análise da situação futura da postura 3	41
Figura 24: Análise da situação futura da postura 4	41
Figura 25: Análise da situação futura da postura 5	42
Figura 26: Célula antes da sugestão de melhoria	43
Figura 27: Célula depois da sugestão de melhoria.	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 JUSTIFICATIVA	10
1.2 OBJETIVO GERAL.....	11
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	12
2.1 ERGONOMIA	12
2.2 ANTROPOMETRIA	13
2.3 BIOMECÂNICA OCUPACIONAL	14
2.4 MÉTODOS DE ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO	15
2.4.1 Método OWAS	16
2.4.2 Método RULA.....	19
2.5 POSICIONAMENTO DOS COMPONENTES SOLDADOS.....	27
2.5.1 Atividade de posicionamento	27
2.5.2 Dispositivo de solda	27
2.5.3 Solda robotizada	28
3 METODOLOGIA	29
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS	29
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	29
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	31
4.1 DIAGNÓSTICO DO PROCESSO.....	31
4.2 ANÁLISE ERGONÔMICA.....	34
4.3 SUGESTÃO DE MELHORIA	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

A Ergonomia é a ciência que estuda a relação entre o homem e o trabalho que ele executa. Busca aumentar a segurança, a saúde, o conforto do trabalhador e, conseqüentemente, a produtividade. Dessa maneira, a ergonomia torna-se a peça fundamental para a elaboração de um ambiente ocupacional adequado e seguro para o trabalhador.

Em um mercado cada vez mais competitivo, que exige alta produtividade e em menor tempo, entra a ergonomia com seus métodos de análise postural e adaptação do posto de trabalho às necessidades do homem.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), a definição da altura da bancada de trabalho é de suma importância para o projeto dos locais de trabalho. Se a bancada de trabalho for muito alta, frequentemente os ombros serão erguidos para compensar, o que leva a contrações musculares dolorosas na altura da nuca e das costas. Se for muito baixa, as costas ficam sobrecarregadas pelo excesso de curvatura do tronco, o que gera queixas de dores nas costas. Por isso, a altura da bancada de trabalho deve estar de acordo com as medidas antropométricas do operador. Conforme Lida (2005), a antropometria trata-se das medidas físicas do corpo humano.

Esta pesquisa analisa a ergonomia de uma célula robotizada de solda. Foram identificadas as dificuldades de adequação do operador ao posto de trabalho e propostas melhorias que possam proporcionar ganhos em toda a cadeia produtiva, qualidade de vida para o operador e aumento de produtividade.

1.1 JUSTIFICATIVA

Antigamente a ergonomia não era um assunto tratado com importância, e devido a isso aconteciam muitos acidentes ocupacionais, pois o operador tinha que se adaptar a seu posto de trabalho. Com o passar do anos, estudos foram realizados na área de ergonomia e constatou-se que, devido à exigência de alta produtividade, ela passou a ser importante para melhorar a segurança, a saúde e a eficiência do operador. Percebeu-se que o posto de trabalho tem que ser adequado à pessoa e não vice-versa.

Diante do exposto, o tema foi escolhido devido a um trabalho realizado em uma célula robotizada, em que o operador realiza o processo de posicionamento das peças no dispositivo de solda. Por tratar-se de uma bancada muito elevada, pôde-se perceber a postura inadequada do operador durante a realização da tarefa.

Com base nessa percepção surgiu a oportunidade de aplicar as ferramentas de análise ergonômica e corrigir as deficiências identificadas na atividade selecionada.

1.2 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como principal objetivo a análise ergonômica de uma célula robotizada de solda, buscando propostas de melhorias ergonômicas para a operacionalização da mesma.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o processo de produção da célula robotizada;
- Aplicar ferramentas para análise dos movimentos laborais na montagem das peças no dispositivo de soldagem do robô;
- Propor melhorias no processo de posicionamento das peças no dispositivo de solda;
- Verificar se as propostas sugeridas atendem aos requisitos de ergonomia.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Na revisão de literatura, visando aprofundar o conhecimento serão abordados assuntos como a ergonomia, antropometria, biomecânica ocupacional, métodos de análise ergonômica e sobre a tarefa de posicionamento das peças a serem soldadas.

2.1 ERGONOMIA

Segundo Dul e Weerdmeester (2006), o termo ergonomia é derivado das palavras gregas *ergon* (trabalho) e *nomos* (regras). Resumidamente, pode-se dizer que a ergonomia é uma ciência aplicada ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, com o objetivo de melhorar a segurança, saúde, conforto e eficiência no trabalho.

A definição formal da Ergonomia Adotada pela *International Ergonomics Association* (IEA) (apud DUL, WEERDMEESTER, 2006, p. 1) é:

Ergonomia (ou fatores humanos) é uma disciplina científica que estuda as interações dos homens com outros elementos do sistema, fazendo aplicações da teoria, princípios e métodos de projeto, com o objetivo de melhorar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema.

A ergonomia baseia-se em conhecimentos de outras áreas científicas, como a antropometria, biomecânica, fisiologia, psicologia, toxicologia, engenharia, desenho industrial, eletrônica, informática e gerência industrial. Ela reuniu, selecionou e integrou os conhecimentos relevantes dessas áreas e desenvolveu métodos e técnicas específicas para aplicar esses conhecimentos na melhoria do trabalho e das condições de vida, tanto dos trabalhadores quanto da população em geral (DUL; WEERDMEESTER, 2006).

Para Lida (2005), a ergonomia tem sua origem como uma diferença das outras ciências. Ela surgiu em 12 de julho de 1949, quando um grupo de cientistas e pesquisadores se reuniram na Inglaterra para discutir e formalizar esta nova ciência.

A ergonomia estuda vários aspectos: a postura e os movimentos corporais sentados, em pé, empurrando, puxando e levantando cargas, fatores ambientais que são ruídos, vibrações, iluminação, clima e agentes químicos, as informações captadas pela visão, audição e outros sentidos, relação entre mostradores e

controles, bem como cargos e tarefas. A conjugação adequada desses fatores permite projetar ambientes seguros, saudáveis, confortáveis e eficientes, tanto no trabalho quanto na vida cotidiana (DUL; WEERDMEESTER, 2006).

Conforme Lida (2005), para atingir o seu objetivo, a ergonomia estuda diversos aspectos do comportamento humano no trabalho e outros fatores importantes para o projeto, como:

- O homem – características físicas, fisiológicas e sociais do trabalhador, além da influência do sexo, idade, treinamento e motivação;
- Máquina – todas as ajudas materiais que o homem utiliza no seu trabalho, englobando os equipamentos, as ferramentas, os mobiliários e as instalações.
- Ambiente – estuda as características do ambiente físico que envolve o homem durante o trabalho, como 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 processo 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 – informações de controles, como tarefas de inspeções, estudos dos erros e acidentes, além dos estudos sobre gastos energéticos, fadiga e estresse.

De acordo com Dul e Weerdmeester (2006), um dos papéis da ergonomia é a adaptação do posto de trabalho e do ambiente para satisfazer o trabalhador de acordo com suas características e necessidades.

Conforme Lida (2005), a ergonomia busca diminuir a fadiga, o estresse, os erros e acidentes, proporcionando segurança, satisfação e saúde ao trabalhador. Como consequência, obter-se-á uma maior eficiência nas atividades.

2.2 ANTROPOMETRIA

No entendimento de Lida (2005), a antropometria trata das medidas físicas do corpo humano. Devem ser lembradas as diferenças individuais de cada ser humano, porque não somos iguais, por isso não podemos projetar uma mesa de

trabalho para indivíduo médio e torná-la padrão. Se essa mesa for utilizada por indivíduos mais baixos ou altos, ela poderá ser desconfortável para o usuário.

Conforme Lida (2005), a antropometria é dividida em estática e dinâmica. Na estática, as medidas referem-se ao corpo parado ou com pouco movimento. Devido a isso, o uso dessas medições deve ser feito somente em tarefas que o operador realiza parado ou com poucos movimentos. Na antropometria dinâmica, são medidos os movimentos de cada parte do corpo. Deve ser aplicada em tarefas que demandam vários movimentos corporais do operador.

De acordo com Lida (2005), o espaço de trabalho é um volume imaginário, necessário para o trabalhador realizar os movimentos exigidos durante o trabalho. Mas esse espaço de trabalho, conforme Dul e Weerdmeester (2006), deve usar medidas mínimas e máximas dependendo da atividade a ser exercida.

O principal ponto a ser analisado no dimensionamento do posto de trabalho deve ser a postura. Existem três tipos de postura básica: deitado, sentado e em pé, destaca Lida (2005).

Conforme Dul e Weerdmeester (2006), as medidas antropométricas realizadas devem ser utilizadas para análise do posto de trabalho, deixando-o ergonomicamente correto para o operador.

2.3 BIOMECÂNICA OCUPACIONAL

Segundo Lida (2005), a biomecânica ocupacional é uma parte da biomecânica geral que se ocupa dos movimentos corporais e forças relacionadas ao trabalho.

Para Dul e Weerdmeester (2006), os principais princípios da biomecânica são:

- As articulações devem ocupar uma posição neutra, ou seja, devem ser tensionadas o mínimo possível;
- Conservar os pesos próximos ao corpo, porque quanto mais próximo estiver menor vai ser a tensão sobre as articulações (cotovelo, ombro, costas);
- Evitar curvar-se para frente. Nessa posição há a maior concentração dos músculos e dos ligamentos das costas o que acarreta dores nas costas;
- Evitar inclinar a cabeça. Nessa posição os músculos do pescoço são tensionados o que provoca dores na nuca e nos ombros;

- Evitar torções do tronco. Este tipo de movimento causa tensões indesejáveis nas vértebras e é prejudicial à saúde;
- Evitar movimentos bruscos que produzem picos de tensão, pois esse tipo de movimento produz alta tensão nos músculos, o que gera dores. A musculatura deve ser pré-aquecida, e os movimentos devem ser feitos de forma suave e contínua;
- Alterar posturas e movimentos. Movimentos repetitivos não devem ser mantidos, pois geram fadiga e, a longo prazo, problemas musculares e nas articulações;
- Restringir a duração do esforço muscular contínuo, pois movimentos contínuos geram fadiga o que resulta em queda de rendimento;
- Prevenir a exaustão muscular. A exaustão muscular deve ser evitada porque, caso ocorra, o músculo demora vários minutos para ter sua recuperação;
- Pausas curtas e frequentes são melhores. Dessa forma, é possível evitar a fadiga muscular.

A biomecânica ocupacional é a área da ergonomia que cuida da análise postural e suas consequências.

2.4 MÉTODOS DE ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO

Para ajudar nas análises, pesquisadores desenvolveram métodos que padronizam medidas adequadas para os seres humanos, facilitando assim as análises posturais. Além de serem necessárias medidas ao gravar vídeos ou fotografar, é preciso também conhecer as atividades, as cargas transportadas e o local de trabalho. As medidas dos ângulos entre as partes do corpo ou seus ângulos em relação ao ambiente são frequentemente requisitadas nos métodos apresentados (WILSON; CORLETT, 2005).

Para Lida (2005), a descrição da tarefa abrange aspectos envolvendo o objetivo desta, o operador, as características técnicas, as aplicações, as condições operacionais e as condições ambientais.

A autora ainda menciona que a análise ergonômica do trabalho visa aplicar os conhecimentos da ergonomia para analisar, diagnosticar e corrigir uma situação

real de trabalho (IIDA, 2005). Visa ainda dar maior segurança para o operador e, como consequência, uma maior produtividade.

Existem vários métodos de análise, mas serão abordados aqui os dois métodos mais utilizados.

2.4.1 Método OWAS

O método Ovaco Working Posture Analysing System (OWAS) foi desenvolvido na Finlândia por três pesquisadores, Karku, Kansu e Kuorinka. A pesquisa começou com a análise fotográfica das principais posturas encontradas na indústria pesada. Foram encontradas 72 posturas típicas (figura 1) que resultaram de diferentes combinações, quatro posições de costas, três de braços e sete de pernas. A seguir foram feitas mais de 36.340 observações em 52 tarefas típicas como teste para o método. Diferentes analistas treinados, observando o mesmo trabalho, fizeram registros com 93% de concordância, em média (IIDA, 2005).

















DORSO	 1 Reto	 2 Inclinado	 3 Reto e torcido	 4 Inclinado e torcido
	BRAÇOS	 1 Dois braços para baixo	 2 Um braço para cima	 3 Dois braços para cima
PERNAS		 1 Duas pernas retas	 2 Uma perna reta	 3 Duas pernas flexionadas
		 4 Uma perna flexionada	 5 Uma perna ajoelhada	 6 Deslocamento com pernas
CARGA	 1 Carga ou força até 10 kg	 2 Carga ou força entre 10 kg e 20 kg	 3 Carga ou força acima de 20 kg	xy Código do local ou seção onde foi observado

Figura 1: Método OWAS para registro de postura. Fonte: lida, 2005, p.170.

lida (2005) destaca que o método foi considerado razoável, pois o mesmo trabalhador, observado de manhã e à tarde, manteve 86% das posturas observadas. Trabalhadores diferentes executando a mesma tarefa registraram cerca de 69%. Passada essa etapa, foi realizada uma avaliação de diversas posturas quanto ao desconforto que foram divididas em quatro classes.

Classe 1 – postura normal, que dispensa cuidados, a não ser em casos excepcionais.

Classe 2 – postura que deve ser verificada durante a próxima revisão rotineira dos métodos de trabalho.

Classe 3 – postura que deve merecer atenção a curto prazo.

Classe 4 – postura que deve merecer atenção imediata.

Conforme a avaliação postural realizada pelos critérios citados, é feita então a classificação das posturas de acordo com a duração de cada uma e pela combinação das variáveis

DURAÇÃO MÁXIMA (% da jornada de trabalho)		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
DORSO	1. Dorso reto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2. Dorso inclinado	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3. Dorso reto e torcido	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	4. Inclinado e torcido	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
BRAÇOS	1. Dois braços para baixo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2. Um braço para cima	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3. Dois braços para cima	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
PERNAS	1. Duas pernas retas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	2. Uma perna reta	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	3. Duas pernas flexionadas	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	4. Uma perna flexionada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	5. Uma perna ajoelhada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	6. Deslocamento com as pernas	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	7. Duas pernas suspensas	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

Figura 2: Classificação das posturas de acordo com a duração das posturas. Fonte: lida, 2005 p.171

Dorso	Braços	1			2			3			4			5			6			7			Pernas
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	Cargas
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	

Figura 3: Classificação das posturas pela combinação das variáveis. Fonte: Iida, 2005, p. 172

2.4.2 Método RULA

O Rapid Upper Limb Assessment (RULA) é um método de Avaliação Rápida de Membro Superior. Foi desenvolvido por Lynn McAtamney e Nigel Corlett da University Of Nottingham's Institute of Occupational Ergonomics (BAÚ, 2002) e publicado em 1993 na revista científica *Applied Ergonomics*.

Para Lueder (1996), o RULA é um método para ser aplicado diretamente nos locais de trabalho, pois se trata de uma ferramenta rápida e ágil para a avaliação ergonômica dos membros superiores e do pescoço. Possibilita uma análise rápida das posturas do pescoço, tronco e membros superiores, pois não precisa de nenhum equipamento especial (MCATAMNEY; CORLETT, 1993).

Conforme Carvalho-Silva (2011), o método RULA oferece a oportunidade de treinamento para os analisadores mesmo que eles não possuam conhecimento específico sobre o assunto, pois não precisam de nenhuma ferramenta específica para a realização da avaliação, e ainda as avaliações são realizadas no posto de trabalho não havendo a interrupção das atividades.

O RULA avalia postura, força e movimentos associados com tarefas sedentárias. As suas principais aplicações são:

- Medição de risco músculo-esquelético, usualmente como parte de uma ampla investigação ergonômica;
- Comparação do esforço músculo-esquelético entre design da estação de trabalho atual e modificada;
- Avaliação dos resultados como produtividade ou compatibilidade de equipamentos;
- Orientação dos trabalhadores sobre riscos músculos-esqueléticos criados por diferentes posturas de trabalho.

Este método é composto por 3 etapas:

- Seleção da postura ou posturas a serem avaliadas;
- As posturas são apontadas usando uma planilha de pontos, diagramas de partes do corpo e tabelas;
- As pontuações são convertidas em 1 das 4 medidas propostas.

O RULA abrange resultados de risco entre 1 e 7. As pontuações mais altas representam altos níveis de risco, mas neste método não quer dizer que uma baixa pontuação esteja livre de riscos e uma alta pontuação não represente que um problema severo exista, pois este método detecta posturas de trabalho que merecem maior atenção (LUEDER, 1996).

Para este método o corpo foi segmentado em dois grupos A e B. No grupo A, estão o braço, antebraço e pulso; no B, estão pescoço, tronco e pernas. Dessa forma, fica garantido que todas as posturas do corpo serão analisadas (CARVALHO-SILVA, 2001). As figuras 4, 5 e 6 representam esses grupos.














GRUPO A - POSIÇÕES						
Escores	1	2	2	3	4	Ajustes
BRAÇO	 <p>20° de extensão a 20° de flexão</p>	 <p>> 20° de extensão</p>	 <p>20 a 40° de flexão</p>	 <p>>45 a 90° de flexão</p>	 <p>≥ 90° de flexão</p>	<p>+1 se ombro elevado ou braço abduzido</p> <p>-1 se posição de tronco inclinada ou peso do braço suportado</p>
ANTE-BRAÇO	 <p>60 a 100° de flexão</p>	 <p>< 60° de flexão</p>	 <p>>100° de flexão</p>			 <p>+1 se houver rotação interna do braço e antebraço passando da linha média do corpo ou rotação externa do braço</p>
PUNHO	 <p>Neutra ou meia inclinação de pronação ou supinação</p>	 <p>0 a 15° de flexão ou extensão ou total pronação ou supinação</p>		 <p>≥ 15° de flexão ou extensão</p>	 <p>+1 se em desvio ulnar ou radial</p>	

Figura 4: Escores dos segmentos do corpo para o grupo A. Fonte: Adaptado de OSMOND GROUP LIMITED, 2015.

Para o punho existe mais uma análise referente ao giro conforme mostra a figura 5.

Pontuação	1	2
Característica do Giro de Punho	Principalmente na metade da amplitude de giro do punho	No início ou final da amplitude de giro do punho

Figura 5: Escores para o giro do punho. Fonte: Adaptada de McAttamney e Corlett, 1993.

O valor final o Grupo A é obtido através da tabela 1.

Tabela 1
Total do grupo A

Braço	Antebraço	Total da Postura do Pulso							
		1		2		3		4	
		Torção Pulso		Torção Pulso		Torção Pulso		Torção Pulso	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Fonte: Adaptada de McAttamney e Corlett, 1993.











GRUPO B - POSIÇÕES					
Escores	1	2	3	4	Ajustes
PESCOÇO	 <p>0 a 10° de flexão</p>	 <p>10 a 20° de flexão</p>	 <p>> 20° de flexão</p>	 <p>extensão</p>	+ 1 se o pescoço está torcido ou inclinado lateralmente
TRONCO	 <p>0° ou bem apoiado quando sentado</p>	 <p>0 a 20° de flexão</p>	 <p>20 a 60° de flexão</p>	 <p>> 60° de flexão</p>	+ 1 se o tronco está torcido ou inclinado lateralmente
PERNAS	 <p>Pernas e pés bem apoiados e equilibrados</p>	 <p>Ao contrário</p>			

Figura 6: Escores dos segmentos do corpo para o grupo B. Fonte: Adaptado de OSMOND GROUP LIMITED, 2015.

O valor final o Grupo B é obtido através da tabela 2.

Tabela 2
Total do grupo B

Score da Postura do Pescoço	Score da Postura do Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas		Pernas		Pernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Fonte: Adaptada de McAttamney e Corlett, 1993

Posteriormente à avaliação dos grupos A e B, é realizada mais uma análise levando em conta o esforço muscular utilizado e a força aplicada de acordo com as figuras 7 e 8.

Se a postura é principalmente estática (mantida por mais de 10 minutos) Ou Se existe atividade repetitiva (4 vezes por minuto ou mais)	Acrescentar +1
--	----------------

Figura 7: Pontuação para o esforço muscular. Fonte: Adaptada de McAttamney e Corlett, 1993.

Carga	Menor que 2Kg (intermitente)	2 a 10Kg (intermitente)	2 a 10Kg (estático ou repetido)	Maior que 10Kg ou repetida ou de impacto
Acrescentar	+0	+1	+2	+3

Figura 8: Pontuação para a carga. Fonte: Adaptada de McAttamney e Corlett, 1993.

Com todos os valores já encontrados, os mesmos são aplicados em uma tabela mostrada na figura 9.

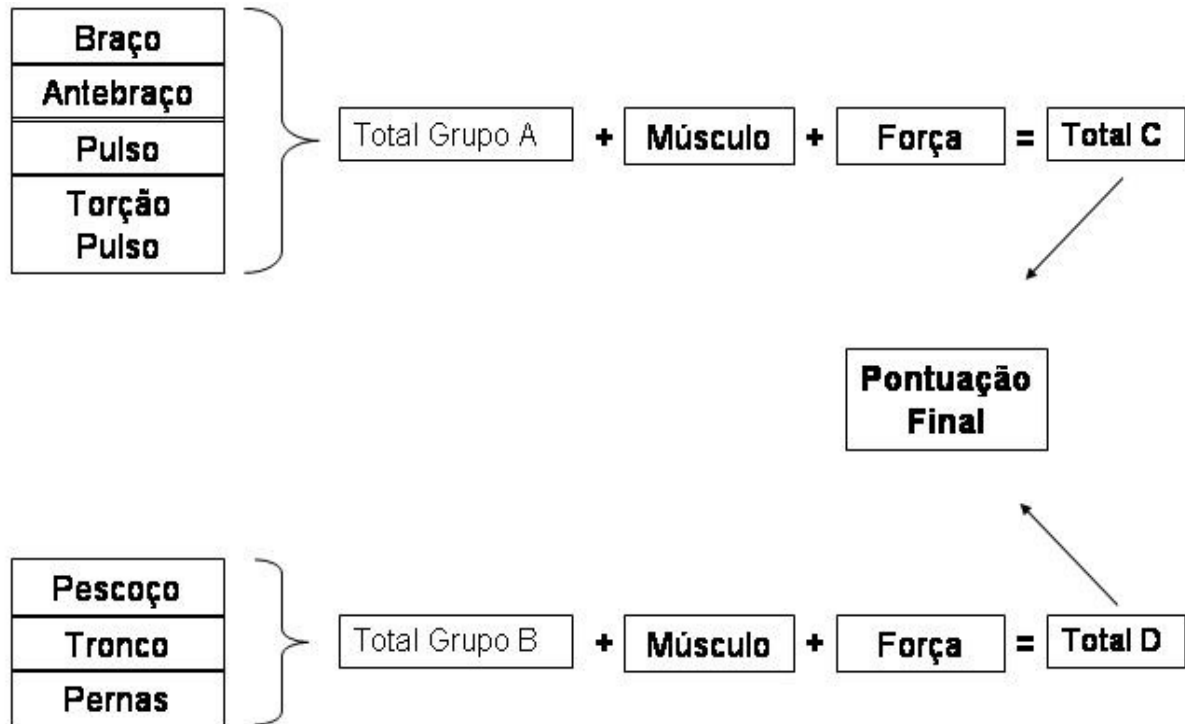


Figura 9: Resumo da pontuação. Fonte: Adaptada de McAttamney e Corlett, 1993.

Com o total de pontuação C e D encontrados, é verificada abaixo a pontuação final.

Total D (Pescoço, Tronco e Pernas)

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

Total C (Membros Superiores)

Figura 10: Pontuação final. Fonte: Adaptada de McAttamney e Corlett, 1993

Após a análise realizada e os escores medidos, utilizou-se o Quadro 1 para verificar a ação a ser tomada.

Nível de ação	Descrição
1	Valores entre 1 e 2. Postura aceitável, se não mantida ou repetida por longos períodos.
2	Valores entre 3 e 4, indicam a necessidade de investigação mais detalhada e mudanças podem ser necessárias.
3	Valores entre 5 e 6, indicam que a investigação e mudanças devem ocorrer brevemente.
4	Valor 7, indica que investigação e mudanças são requeridas imediatamente.

Quadro 1 – Níveis de ação, em função da pontuação final obtida. Fonte: Adaptada de McAttamney e Corlett, 1993.

Como o nome já diz, o método RULA é uma ferramenta rápida de análise postural, tanto estática quanto dinâmica. O foco são os esforços repetitivos e a força, ideal para ser aplicada em escritórios e atividades que exigem maior esforço de membros superiores (ERGONAUTAS, 2015).

2.5 POSICIONAMENTO DOS COMPONENTES SOLDADOS

2.5.1 Atividade de posicionamento

A atividade de posicionar as peças no dispositivo de solda nada mais é do que a montagem do conjunto a ser soldado. Essa montagem deve ser feita exatamente uma igual a outra para que o robô consiga manter a repetibilidade, pois o processo de posicionamento das peças deve ser feito manualmente pelo operador, existindo a necessidade de um dispositivo muito bem elaborado e estruturado que garanta o mesmo posicionamento das peças a serem soldadas e que consiga absorver falhas humanas na montagem. Dessa forma, o robô realiza a soldagem sem problemas e evita que sejam necessários ajustes e retrabalhos a cada novo conjunto a ser soldado.

2.5.2 Dispositivo de solda

Dispositivo de solda é uma ferramenta de trabalho de posicionamento das peças a serem soldadas. Com ele, o soldador ganha aumento de produtividade, redução do custo de operação, consegue soldar conjuntos sempre com o mesmo dimensional e com diminuição de falhas humanas. Tudo isso é possível porque com o gabarito de solda o soldador apenas precisa posicionar as peças no local correto sem ter que se preocupar com medidas.

Normalmente nesses dispositivos existem sistemas de grampos de aperto para que não haja movimentação da peça na hora da soldagem. Esses sistemas, chamados Poka-yoke, que são uma ferramenta à prova de erro diminuem as chances de ocorrer uma falha humana no processo.

Os dispositivos de solda robotizada seguem o mesmo padrão, a única diferença é que eles devem ser projetados com menos grampos de aperto para que

o robô tenha maior acesso e assim consiga realizar o maior número de cordões possíveis. Mesmo assim, garante repetibilidade do conjunto.

Por mais simples que seja o conjunto soldado, é preferível que seja desenvolvido para o mesmo um dispositivo de solda, com o qual é possível se obterem grandes ganhos para a empresa.

2.5.3 Solda robotizada

Para a AWS (1991), a soldagem robotizada é baseada em uma solda realizada com robô ou manipulador. Este executa a tarefa de soldagem, após estar programado para realizar tal tarefa sem a necessidade de qualquer ajuste e controle de operadores.

A solda robotizada é um segmento que vem crescendo muito. Hoje é amplamente usada em várias indústrias, principalmente na automotiva, mas esta tecnologia precisa de uma pessoa treinada para usá-la, tanto em soldagem quanto em programação. Os produtos a serem soldados por robô devem ser projetados para este fim, pois assim este terá maior acesso às juntas de solda, diminuindo a necessidade da solda manual.

A solda robotizada possui grandes vantagens, como a qualidade. Com as peças devidamente adequadas ao processo, dificilmente haverá erro. A produtividade é elevada, por se tratar de uma máquina que pode trabalhar o dia inteiro na mesma velocidade, sem paradas, com segurança e eficiência. No entanto, como todo equipamento, o robô também possuiu desvantagens, dentre elas, o alto preço inicial para contar com esta tecnologia. Após este investimento, existe a necessidade de investir em um operador qualificado para otimizar a capacidade do robô.

3 METODOLOGIA

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

Devido ao problema encontrado e de acordo com os objetivos estabelecidos se deu início a uma pesquisa bibliográfica para dar sustentação ao tema pesquisado, com o objetivo de analisar o posicionamento das peças no dispositivo do robô de solda, verificando se as mesmas estavam sendo realizadas de forma ergonomicamente corretas.

O método de estudo do projeto foi uma pesquisa descritiva. Atualmente são muitos os estudos sobre ergonomia. Existem formas de padronização para cada tipo de trabalho, seja em pé, sentado, entre outros. Para toda forma de trabalho existe uma forma ergonomicamente correta, já padronizada para ser aplicada.

Baseado em estudos foi feita uma análise ergonômica do processo aplicando o método de avaliação postural. Posteriormente, foi elaborado um relatório. Para esta análise foi utilizado o método Rapid Upper Limb Assessment (RULA), que avalia a sobrecarga nos membros superiores, como do pescoço, das costas, dos braços, dos antebraços e punhos. Este método compreende a postura, força e movimentos associados a tarefas sedentárias.

Após a compilação dos resultados das atividades, foram apresentadas melhorias para o processo, como a adequação postural do operador e a do posto de trabalho. Tais melhorias, se aplicadas, podem gerar maior bem-estar para o operador, evitando doenças ocupacionais, eventuais acidentes e, conseqüentemente, diminuição dos afastamentos e aumento de produtividade.

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para a execução das atividades, foram utilizadas algumas ferramentas a fim de facilitar e agilizar o trabalho. Foram utilizados programas de computador, como Microsoft Word, Microsoft PowerPoint, Microsoft Excel, Adobe Reader e o Paint.

Para a aplicação das ferramentas de análise ergonômica, foi preciso ir até o posto de trabalho e coletar os dados necessários. Os equipamentos utilizados nessa atividade foram a máquina fotográfica para registrar os movimentos e uma trena para realizar as medições.

Também foi realizada uma conversa com o operador da área para se obter a opinião de quem realmente trabalha na tarefa e constatar os problemas ergonômicos que a célula possui pela vivência do operador no posto de trabalho.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com a revisão de literatura concluída e com a metodologia devidamente escolhida, foi possível realizar o presente estudo utilizando todo o conhecimento adquirido e realizando propostas de melhoria.

4.1 DIAGNÓSTICO DO PROCESSO

Foram constatadas no processo de posicionamento dos elementos a serem soldados por robô, posições ergonomicamente incorretas realizadas pelo operador na realização do processo. Com isso, surgiu a oportunidade de realizar uma análise ergonômica no processo.

A atividade é simples. O operador deve realizar a montagem dos componentes individuais no dispositivo, utilizando grampos de aperto para garantir a posição dos componentes. Após a montagem destes componentes nos devidos lugares, ocorre a soldagem robotizada do conjunto, conforme se pode visualizar nas figuras, 11, 12, 13, 14 e 15.

Postura 1: O operador realiza o posicionamento dos elementos a serem soldados pelo robô no dispositivo de solda.



Figura 11: Posicionamento dos elementos a serem soldados.

Postura 2: são ajustados os encostos do dispositivo que ajudam no posicionamento dos elementos.



Figura 12: Ajuste dos encostos do dispositivo.

Postura 3: são colocados grampos de aperto para garantir a posição dos elementos a serem soldados. Após esta atividade, o robô realiza a soldagem do componente.



Figura 13: Colocação dos grampos de aperto.

Postura 4: Após o processo de soldagem, acontece a abertura dos grampos de aperto e a retirada dos encostos.



Figura 14: Abertura dos grampos de aperto.

Postura 5: A peça é retirada do dispositivo com o auxílio de uma ponte rolante.



Figura 15: Retirada da peça soldada do dispositivo.

Normalmente o operador realiza a atividade com esta peça em torno de seis vezes ao dia, em um tempo de 30 minutos. Baseado nisso, a postura do operador foi avaliada pelo método RULA, e definida a pontuação de cada parte dos membros superiores: braços, antebraços, pulsos e punhos e também de outros membros, como pernas, tronco e pescoço.

4.2 ANÁLISE ERGONÔMICA

Com base nas fotografias de toda a operação de montagem, foi realizada a análise ergonômica pelo método RULA.

Observando as posturas 1 a 5 demonstradas nas figuras 11 a 15, respectivamente, foi realizada a análise aplicando a pontuação de acordo com a dificuldade de cada atividade. O método foi aplicado da seguinte maneira:

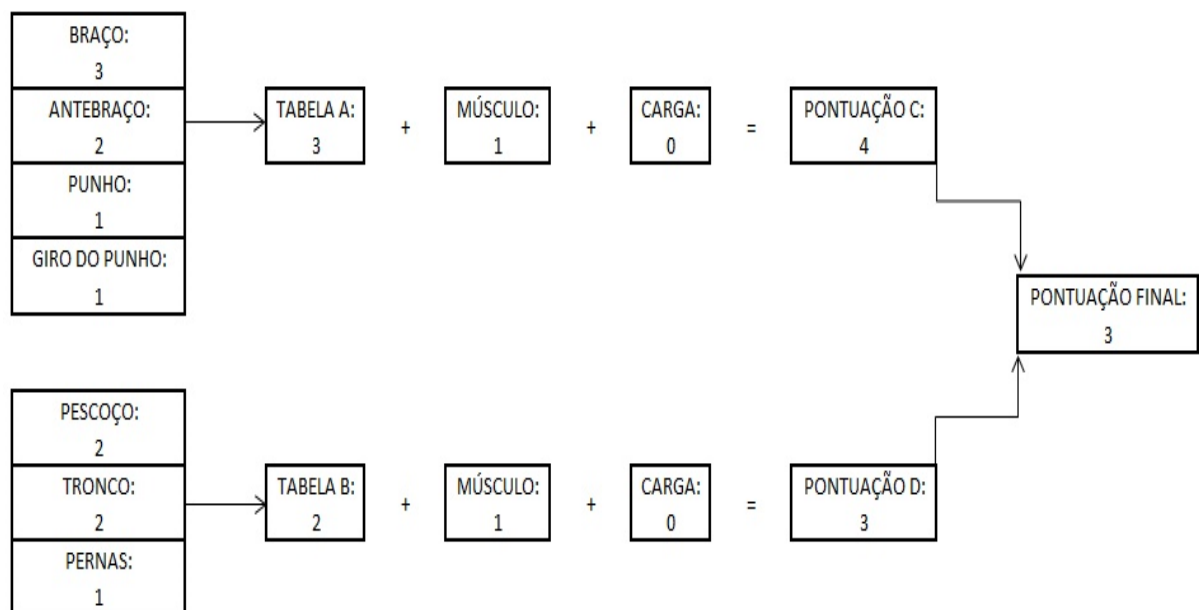


Figura 16: Análise da postura 1.

De acordo com a análise da postura 1, os membros superiores alcançaram a pontuação de 3, sendo adicionado 1 ponto por se tratar de um movimento repetitivo. A análise dos membros inferiores resultou em uma pontuação de 2 pontos, mais o acréscimo de 1 ponto por se tratar de um movimento repetitivo.

Realizando a combinação das pontuações dos membros superiores e inferiores, obteve-se pontuação de 3 pontos. De acordo com o método RULA,

presente no quadro 1, a postura indica a necessidade de investigação mais detalhada, e mudanças podem ser necessárias

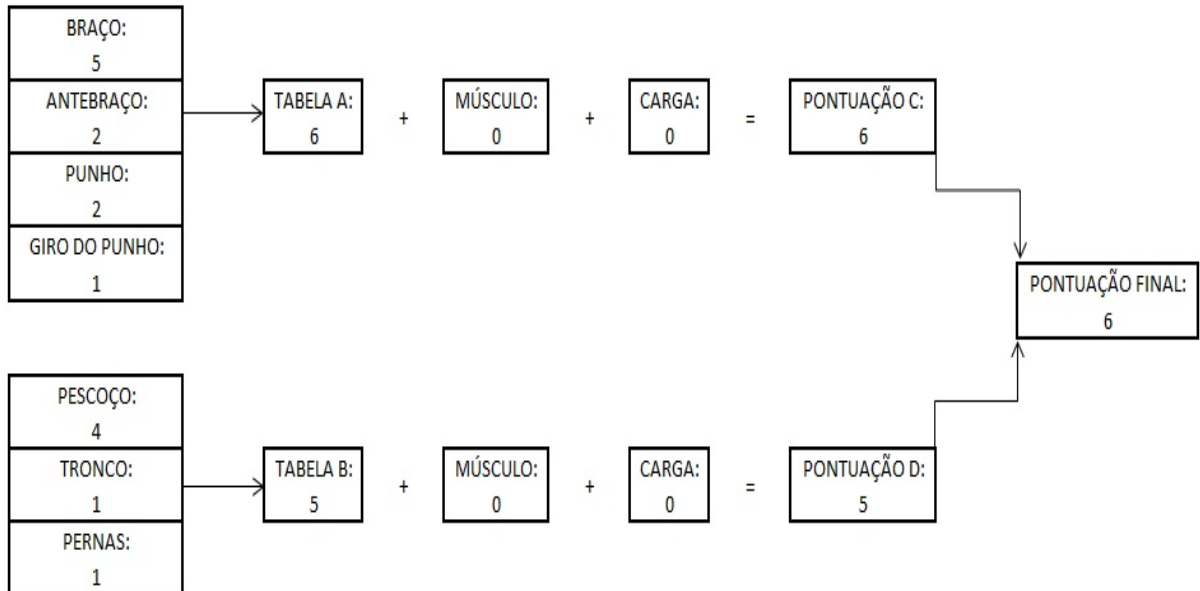


Figura 17: Análise da postura 2.

De acordo com a análise da postura 2, os membros superiores alcançaram a pontuação 6. Já a análise dos membros inferiores resultou em uma pontuação de 5 pontos.

Realizando a combinação das pontuações dos membros superiores e inferiores, obteve-se uma pontuação de 6 pontos. De acordo com o método RULA, presente no quadro 1, essa pontuação indica que a investigação e mudanças devem ocorrer brevemente.

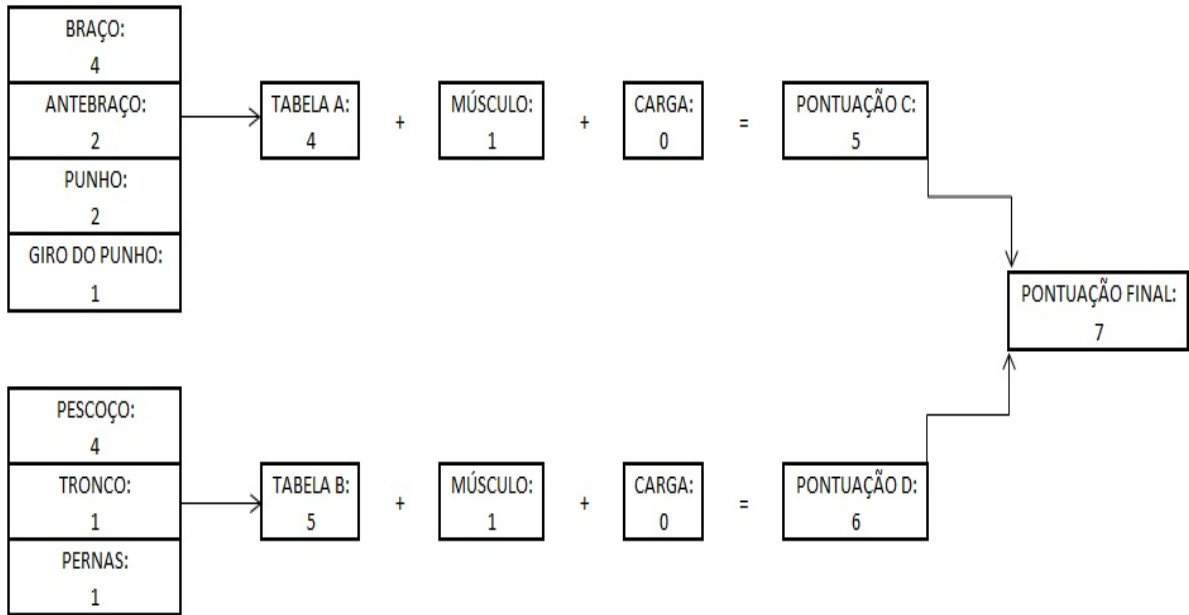


Figura 18: Análise da postura 3.

De acordo com a análise da postura 3, os membros superiores alcançaram a pontuação 4, sendo adicionado 1 ponto por se tratar de um movimento repetitivo. A análise dos membros inferiores resultou em uma pontuação de 5 pontos, mais o acréscimo de 1 ponto devido se tratar de um movimento repetitivo.

Realizando a combinação das pontuações dos membros superiores e inferiores, obteve-se a pontuação de 7 pontos. De acordo com o método RULA, presente no quadro 1, esse resultado indica que a investigação e mudanças são requeridas imediatamente.

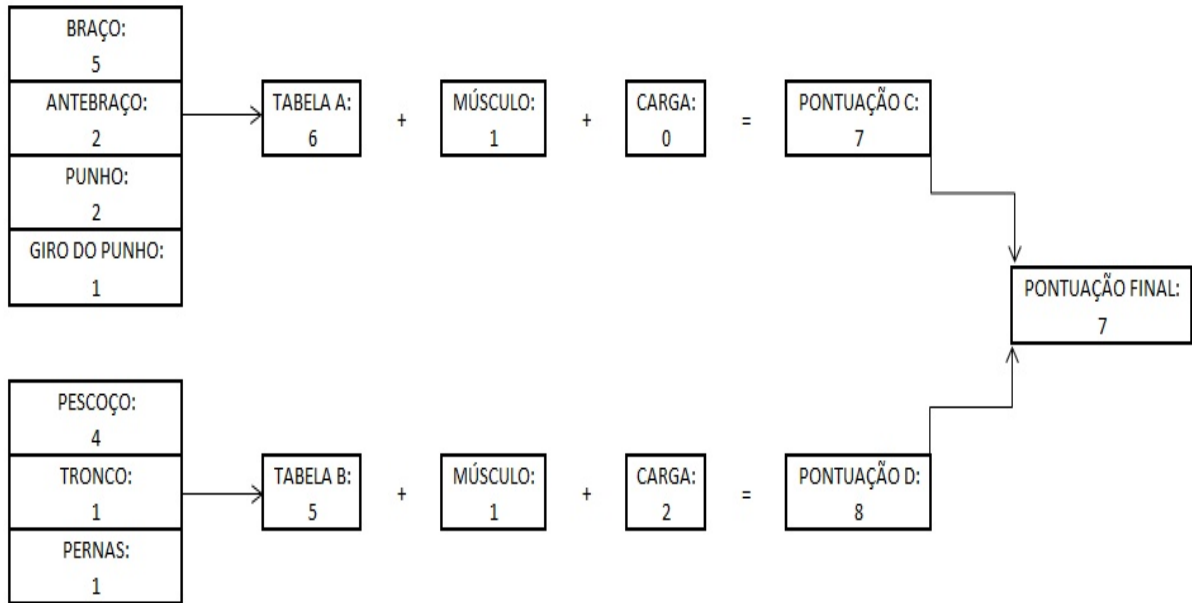


Figura 19: Análise da postura 4.

De acordo com a análise da postura 4, os membros superiores alcançaram a pontuação de 6, sendo adicionado 1 ponto devido se tratar de um movimento repetitivo. A análise dos membros inferiores resultou em uma pontuação de 5 pontos mais o acréscimo de 1 ponto devido se tratar de um movimento repetitivo, e também foram adicionados mais 2 pontos devido à força exercida para abrir um grampo que após a soldagem fica muito justo.

Realizando a combinação das pontuações dos membros superiores e inferiores, obteve-se a pontuação de 7 pontos. De acordo com o método RULA, presente no quadro 1, esse resultado indica que a investigação e mudanças são requeridas imediatamente.

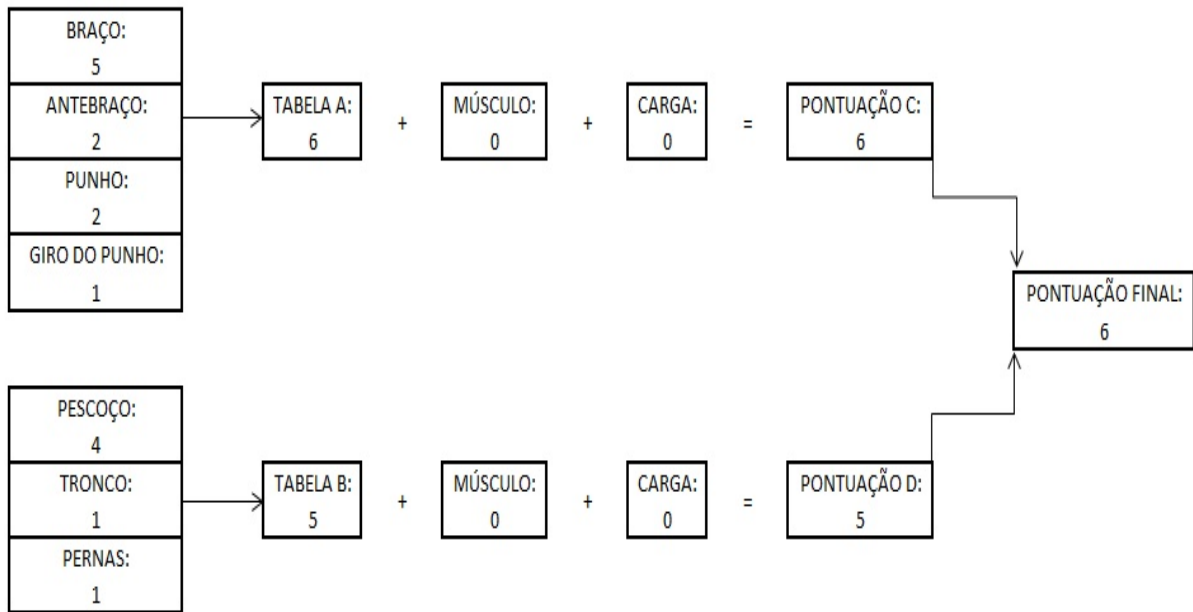


Figura 20: Análise da postura 5.

De acordo com a análise da postura 5, os membros superiores alcançaram a pontuação 6. A análise dos membros inferiores resultou em uma pontuação de 5 pontos.

Realizando a combinação das pontuações dos membros superiores e inferiores, obteve-se a pontuação de 6 pontos. De acordo com o método RULA, presente no quadro 1, esse resultado indica que a investigação e mudanças devem ocorrer brevemente.

4.3 SUGESTÃO DE MELHORIA

Com as análises obtidas das 5 posturas, foi constatado que o operador não exerce nenhuma atividade com pontuação 1 e 2, que seria uma postura aceitável para realizar a atividade. Devido a isso, todas as posturas devem ser investigadas, e melhorias devem ser propostas e implementadas para minimizar os danos no operador devido a má postura.

A postura 1 foi a que obteve menor pontuação, que foi de 3 pontos, por se tratar de uma atividade de que não exige tanto os membros superiores e inferiores.

Nas posturas 2 e 3 alcançaram as pontuações 6 e 7, respectivamente. Trata-se de operações que forçam muito os membros superiores, pois é uma tarefa

realizada com os braços erguidos e com os ombros elevados. Essa postura também exige muito do pescoço devido ao movimento de extensão.

Nas posturas 4 e 5 também foram obtidas pontuações elevadas, de 6 e 7 pontos, respectivamente. Essa atividade é feita em posições muito semelhantes às 2 e 3, o que ocasiona uma tarefa com os braços erguidos e extensão do pescoço.

Em conversa com o operador da célula, foi registrado que o mesmo nunca sofreu um acidente de trabalho. Algumas vezes, sofre com dores nos ombros, costas e no pescoço devido à má postura durante as atividades que exerce, como se pode comprovar na aplicação do método RULA.

Como melhoria, sugere-se a criação de uma bancada para o operador subir e ficar mais alto. Assim, ele não precisará elevar os braços e os ombros para realizar tais atividades e nem mesmo realizar a extensão do pescoço para que possa visualizar o que está fazendo. A bancada proporcionará que trabalhe com os braços em flexão de 20° a, no máximo 90°, o antebraço trabalhará de 60° a 100°, e o punho em posição neutra, algumas vezes com flexão de 0° a 15°, dependendo da atividade que irá fazer. Com a bancada, o pescoço irá fazer uma flexão de 0° a 20°, o tronco continuará com a movimentação de 0° a 20°, pois a atividades que necessitam nesta flexão, e as pernas sempre vão estar bem apoiadas e equilibradas.

Com a melhoria sugerida, foi realizada mais uma análise postural da atividade que gerou os seguintes resultados.

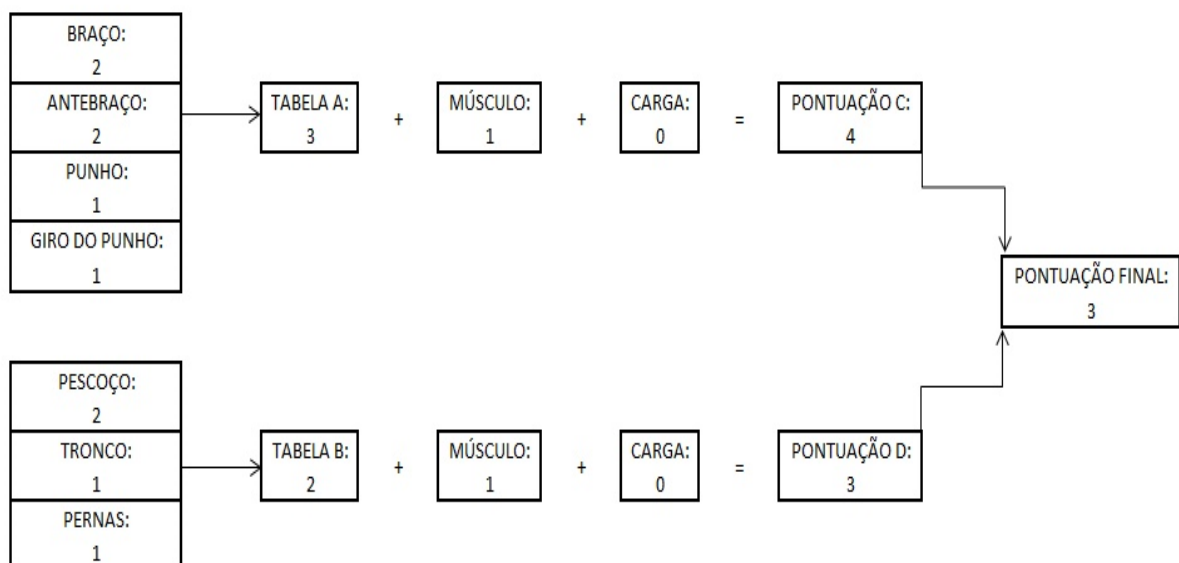


Figura 21: Análise da situação futura da postura 1.

De acordo com a análise da situação futura da postura 1, os membros superiores alcançaram a pontuação 3, sendo adicionado 1 ponto devido se tratar de um movimento repetitivo. A análise dos membros inferiores resultou em uma pontuação de 2 pontos, mais o acréscimo de 1 ponto devido se tratar de um movimento repetitivo.

Realizando a combinação das pontuações dos membros superiores e inferiores, obteve-se pontuação de 3 pontos, ficando na mesma forma que a situação atual.

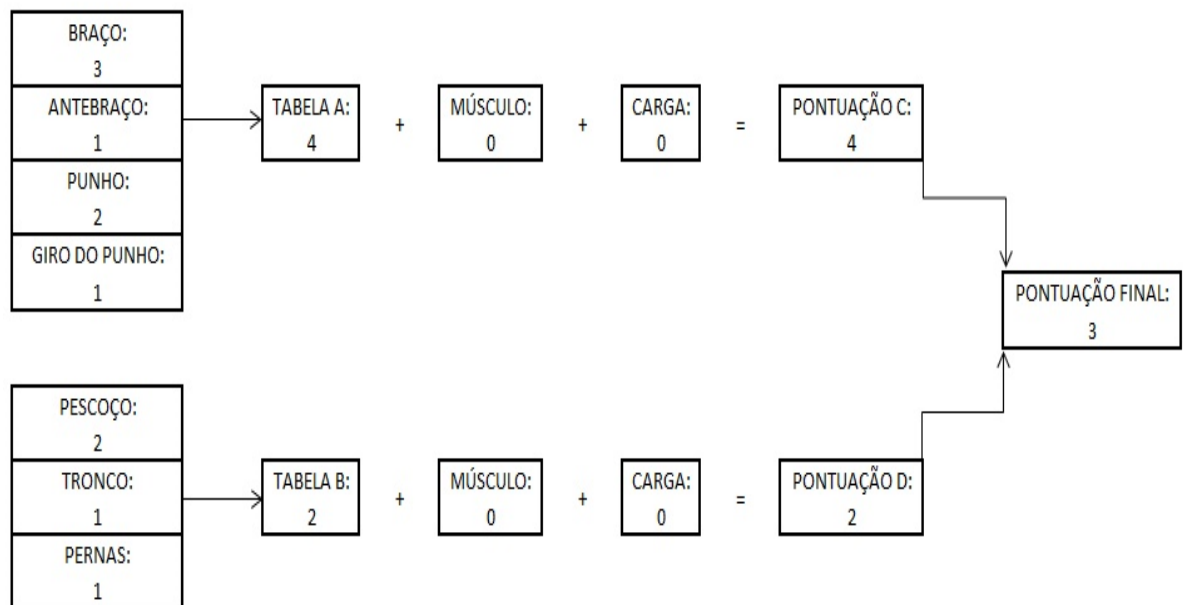


Figura 22: Análise da situação futura da postura 2.

De acordo com a análise da postura 2, os membros superiores alcançaram a pontuação 4. A análise dos membros inferiores resultou em uma pontuação de 2 pontos.

Realizando a combinação das pontuações dos membros superiores e inferiores, obteve-se pontuação de 3 pontos, o que destaca uma melhoria em relação à situação passada.

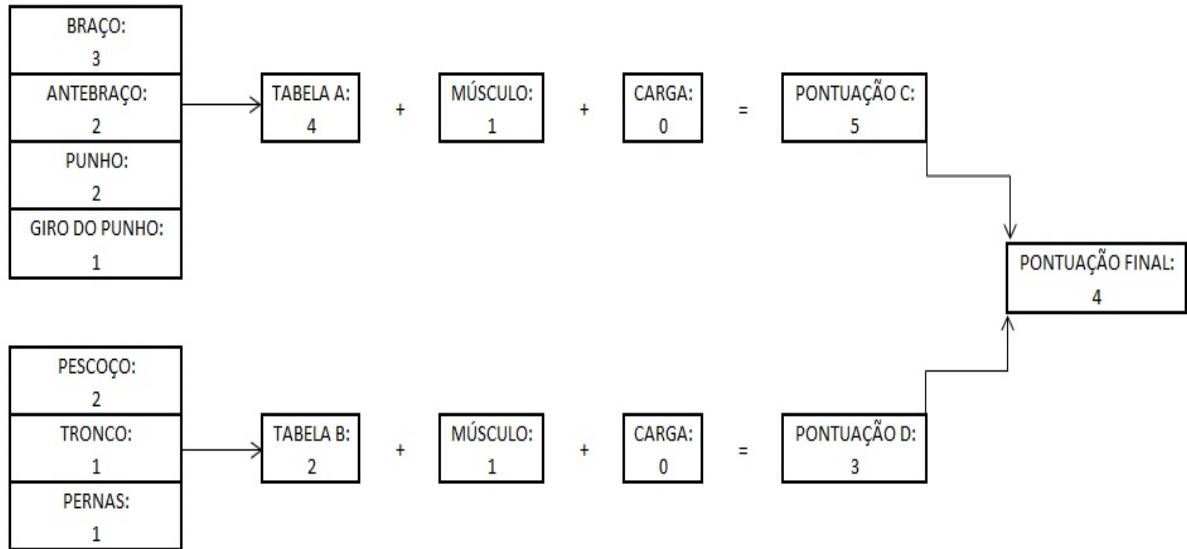


Figura 23: Análise da situação futura da postura 3.

Em relação à análise da postura 3, os membros superiores alcançaram a pontuação 4, sendo adicionado 1 ponto devido se tratar de um movimento repetitivo. A análise dos membros inferiores resultou em uma pontuação de 2 pontos, mais um acréscimo de 1 ponto devido se tratar de um movimento repetitivo.

Realizando a combinação das pontuações dos membros superiores e inferiores e obteve se uma pontuação de 4 pontos, representando uma melhoria.

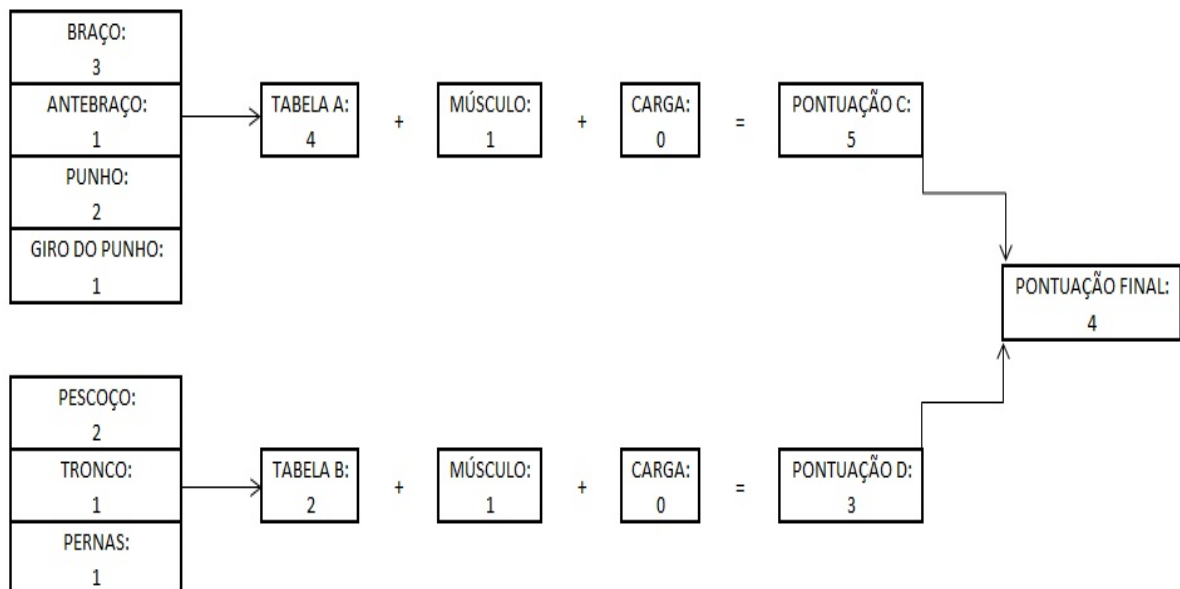


Figura 24: Análise da situação futura da postura 4.

De acordo com a análise da postura 4, os membros superiores alcançaram a pontuação 4, sendo adicionado 1 ponto devido se tratar de um movimento repetitivo. A análise dos membros inferiores resultou em uma pontuação de 2 pontos, mais um acréscimo de 1 ponto devido se tratar de um movimento repetitivo.

Realizando a combinação das pontuações dos membros superiores e inferiores, obteve-se uma pontuação de 4 pontos. Nessa fase do processo, além da bancada que foi desenvolvida, foi feita uma alteração no processo. Anteriormente era necessário exercer força para abrir um grampo de aperto que ficava muito justo devido à soldagem. Com a alteração de soldagem, foi possível minimizar esta atividade assim conseguindo abrir o grampo sem realizar força.

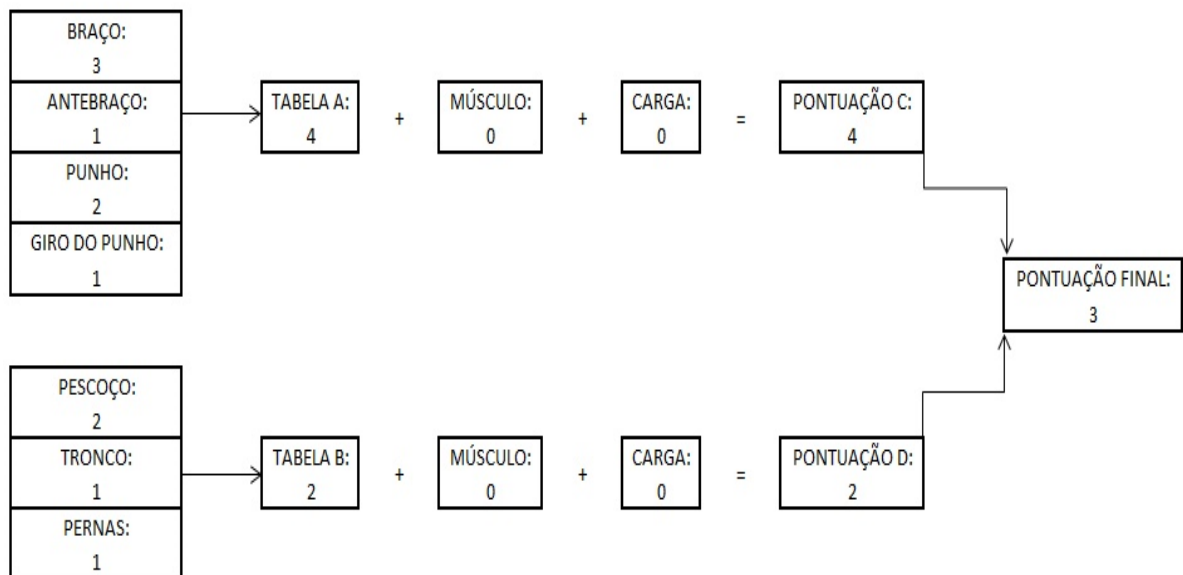


Figura 25: Análise da situação futura da postura 5.

De acordo com a análise da postura 5, os membros superiores alcançaram a pontuação 4. A análise dos membros inferiores resultou em uma pontuação de 2 pontos.

Realizando a combinação das pontuações dos membros superiores e inferiores, obteve-se uma pontuação de 3 pontos.

Com a realização da análise postural da situação futura, foi possível verificar que houve uma melhoria ergonômica muito considerável no processo.

Pode-se visualizar nas figuras 26 e 27 a diferença ergonômica do antes e do depois da atividade, podemos verificar como os braços ficam em uma posição

melhor. Na maior parte da atividade, os braços vão ficar em uma posição de 20° a 40° de flexão, não acontecendo a elevação dos ombros, o que vai diminuir muito as dores anteriormente relatadas. A bancada foi projetada com uma altura de 400 mm, pois foi a altura ideal verificada para que a atividade ficasse ergonomicamente correta; terá uma largura de 450 mm para que o operador possa se movimentar tranquilamente sem o perigo de cair; um comprimento de 2000 mm que é o comprimento aproximado do dispositivo de solda.

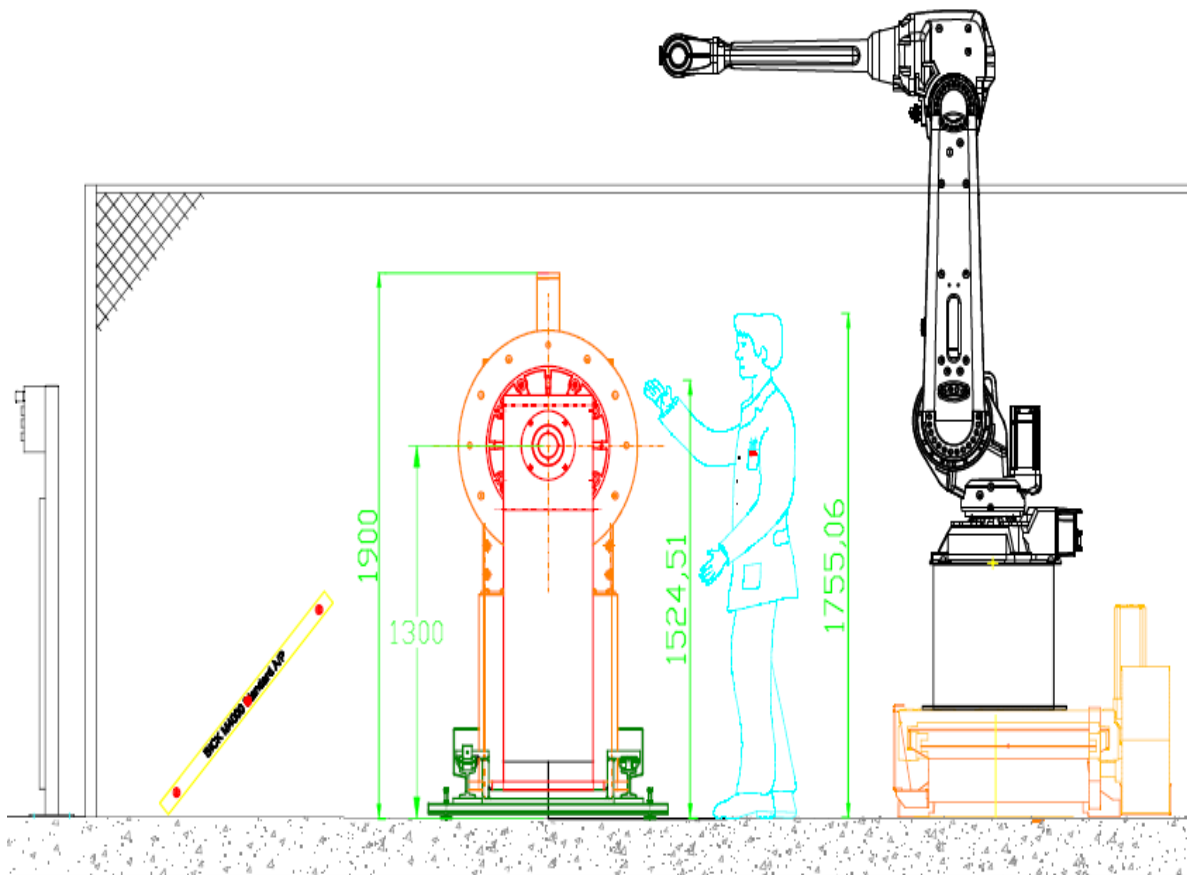


Figura 26: Célula antes da sugestão de melhoria.

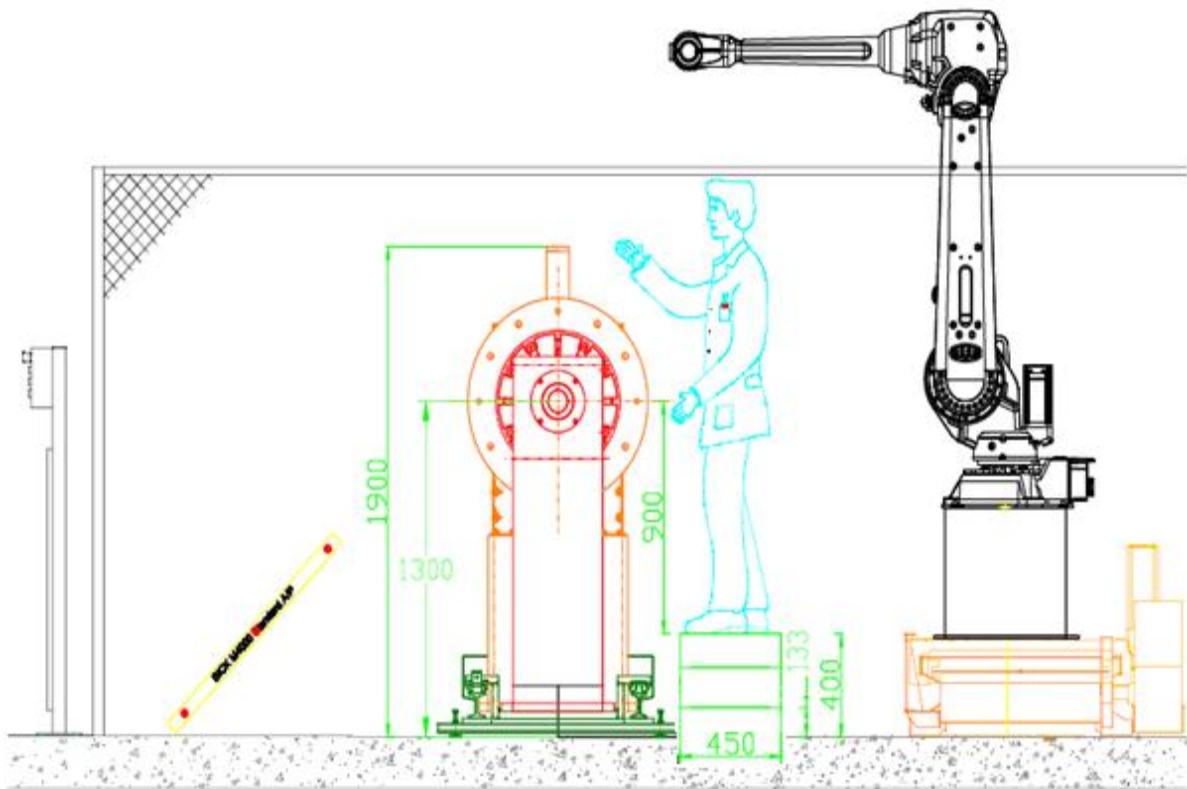


Figura 27: Célula depois da sugestão de melhoria.

Abaixo, na tabela, o antes e depois, que demonstra a possível melhora na ergonomia do trabalhador se for implementada.

Tabela 3
Comparação dos resultados

COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS - ANTES E DEPOIS			
	<i>PONTUAÇÃO PELO MÉTODO RULA</i>	ANTES	DEPOIS
<i>POSIÇÕES</i>	1 (Figura 11)	3	3
	2 (Figura 12)	6	3
	3 (Figura 13)	7	4
	4 (Figura 14)	7	4
	5 (Figura 15)	6	3

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no referencial teórico utilizado, foi possível obter conhecimentos sobre algumas ferramentas mais utilizadas em análises ergonômicas. Constatou-se que a ergonomia do colaborador é de suma importância em suas atividades. Com a utilização do método de análise RULA, que é uma Avaliação Rápida de Membro Superior, que se enquadra perfeitamente na operação.

Com a aplicação do método RULA na operação de posicionamento dos componentes a serem soldados em um dispositivo de solda para uma célula robotizada, foi constatado que a operação, por sua grande parte das atividades realizadas, é de nível de ação 3 e 4, o que indica que mudanças devem ocorrer, pois a atividade não é ergonomicamente correta para o colaborador que a executa.

Com a análise feita, foi realizada a aplicação do método, e as melhorias propostas para assim melhorar a ergonomia do colaborador na atividade. Essas alterações proporcionam maior rendimento, melhora na saúde laboral como a inexistência de dores nos membros superiores. Com isso, foi possível minimizar as inadequações da operação e atingir um nível de ação 2.

Diante disso, o resultado da aplicação do método RULA para a avaliação ergonômica da operação de posicionamento das peças foi satisfatória, pois foi possível melhorar as condições de trabalho do operador.

Em relação ao trabalho realizado, o estudo foi de grande valia levando em conta que foi possível aplicar todo o conhecimento adquirido na prática e propor uma célula ergonomicamente correta para o operador realizar a operação que lhe é dada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AWS. **Welding Handbook. v. 2: Welding Process.** 7. ed. International Standard Book Number. 07842b5 0014731-3. American Welding Society. 550 N. W. LeJeune Rd., P. O. Box 351040, Miami, FL 33135, 1991.

BAÚ, L. M. S. **Fisioterapia do trabalho: ergonomia, legislação, reabilitação.** Curitiba: Cládosilva, 2002.

CARVALHO-SILVA, C. R. **Constrangimentos posturais em ergonomia: uma análise da atividade do endodontista a partir de dois métodos de avaliação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

DUL, J.; WEERDMEEESTER, B. **Ergonomia prática.** 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

IIDA, I. **Ergonomia, projeto e produção.** 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem.** 5. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2005.

LUEDER, R. **A proposed RULA for computer users.** Proceedings of the ergonomics summer workshop, uc berkeley center for occupational & environmental health continuing education program. San Francisco, 1996.

McATAMNEY, L., CORLETT, N. **RULA: a survey method for the investigation of work-related upperlimb disorders,** "Applied Ergonomics", 1993.

McATAMNEY, Lynn; CORLETT, Nigel. **Rapid upper limb assessment.** Disponível em: <<http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>>. Acesso em: 22 jul. 2015.

OSMOND GROUP LIMITED. **Rula.** Disponível em: <<http://www.ergonomics.co.uk>>. Acesso em: 21 jun. 2015.

WILSON, J. R.; CORLETT, E. N. **Evaluation of human work: a practical ergonomics methodology.** 3. ed. Cornwall: CRC Press, 2005.