



**Clovis Luis Deves**

**PROPOSTA DE LAYOUT PARA IMPLEMENTAÇÃO DE  
CÉLULA DE SOLDA AUTOMATIZADA EM UMA INDÚSTRIA  
DO SETOR METAL MECÂNICO**

**Horizontina**

**2014**

**Clovis Luis Deves**

**PROPOSTA DE LAYOUT PARA IMPLEMENTAÇÃO DE  
CÉLULA DE SOLDA AUTOMATIZADA EM UMA INDÚSTRIA  
DO SETOR METAL MECÂNICO**

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

**ORIENTADOR:** Leonardo Teixeira Rodrigues, Especialista.

**Horizontina**

**2014**

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

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

**“Proposta de layout para implementação de célula de solda automatizada em  
uma indústria do setor metal mecânico”**

**Elaborado por:**

**Clovis Luis Deves**

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

**Aprovado em: 12/11/2014  
Pela Comissão Examinadora**

---

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

---

**Mestre. Jonas Rigodanzo  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

---

**Engenheiro. Paulo Rodrigo Herbstrith  
John Deere Horizontina**

**Horizontina  
2014**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a toda minha família que sempre me apoio e especialmente a minha esposa Silvane e filhos Fernando e Lucas que estiveram juntos nesta caminhada.

## **AGRADECIMENTO**

Primeiramente agradeço a Deus por proporcionar sabedoria e paz para lutar todos estes anos, indicando o melhor caminho para atingir meus objetivos!

Agradeço aos meus pais por ensinarem que tudo é possível e nunca desistir e a persistir nos sonhos e objetivos, principalmente a minha esposa Silvane e filhos Fernando e Lucas que sempre me apoiaram nesta caminhada.

Aos mestres, a paciência em nos fazer acreditar que somos capazes, e por compartilhar a grandiosidade de seus conhecimentos.

Agradeço a empresa que oportunizou esta pesquisa e as pessoas que me auxiliaram na construção deste trabalho.

“Tenha em mente que tudo que você aprende na escola é trabalho de muitas gerações. Receba essa herança, honre-a, acrescente a ela e, um dia, fielmente, deposite-a nas mãos de seus filhos” (Albert Einstein).

## RESUMO

O aperfeiçoamento do sistema produtivo é uma meta perseguida constantemente por todas as empresas, tornando-se diferencial competitivo na redução de custos e elevados níveis de produtividade. Neste contexto a qualificação do trabalho, a otimização da área produtiva e as exigências de segurança aumentaram a demanda por automação. Baseando-se nos processos de soldagem de materiais, tamanhos e geometria do produto é que determina o grau de automação necessária. Por esta necessidade a empresa do setor metal mecânico adquiriu tecnologia automatizando o processo de soldagem do tubo e da extensão do tubo, oportunizando este trabalho, ao adequar o layout da célula de soldagem utilizando as ferramentas do Sistema Toyota de Produção: a filosofia “As Sete Perdas”, estudo de tempos e movimentos e os modelos de layout para que de forma concreta, obter informações para determinar o ambiente fabril. Neste trabalho utilizou-se da metodologia de pesquisa-ação, com processamento de informações obtidas em análises realizadas no local de produção e aplicando-as em tabelas, quadros e fluxograma dos processos. O principal objetivo é disponibilizar área para instalação da solda automatizada no processo produtivo e promover maior utilização deste recurso, tendo como resultado a satisfação dos colaboradores e maior capacidade de produção. Observando as variações de processo e fluxos de materiais e assim com a combinação de diversas ferramentas, é possível auxiliar a empresa na identificação de novo layout, implementando as melhorias capazes de atender aos objetivos propostos e obter comparativo da situação atual com os resultados obtidos.

**Palavras-chave:** Layout. Fluxo de Materiais. Automação.

## **ABSTRACT**

The improvement of the production system is a goal pursued constantly by all companies, becoming competitive advantage in lower costs and higher productivity. In this context, skilled labor, the optimization of the production area and the safety requirements increased demand for automation. Based on welding processes of materials, sizes and product geometry determines the degree of automation required. For this need the company of mechanical metal sector acquired technology automating the process of welding the pipe and the length of the tube, providing opportunities for this work in adapting the layout of the welding cell using the tools of the Toyota Production System, as the philosophy "The Seven Losses", time and motion study and layout templates for a concrete way to obtain information to determine the manufacturing environment. In this work we used the methodology of action research, with processing information obtained from analyzes performed at the production site and applying them in tables, graphs and flow chart of the processes. The main objective is to provide area for installation of automated welding in the production process and promote greater use of this resource, resulting in employee satisfaction and increased production capacity. Observing the process variations and material flows and so with the combination of various tools you can assist the company in identifying and implementing new layout improvements able to meet the proposed objectives and obtain comparative of the current situation with the results.

**Keywords:** Layout. Flow of Materials. Automation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pilares da estrutura do Sistema Toyota de Produção .....	20
Figura 2 – Evolução obtida através do Jidoka.....	21
Figura 3 – Relação dos sete tipos de perda .....	22
Figura 4 – Ilustra a sequência de ações para análise de processos de trabalho .....	26
Figura 5 – Matriz de layout e gráfico volume-variedade .....	28
Figura 6 – Diagrama de relacionamento .....	33
Figura 7 – Esquemático do processo de solda Mig/Mag .....	35
Figura 8 – Layout atual da área de estudo .....	44
Figura 9 – Calandra de tubos .....	45
Figura 10 – Equipamento de solda por resistência .....	45
Figura 11 – Retificador de solda Mig/Mag .....	46
Figura 12 – Guindaste giratório .....	46
Figura 13 – Ponte rolante .....	47
Figura 14 – Fluxograma de processo X produto atual.....	50
Figura 15 – Porcentagem das atividades X tempos .....	54
Figura 16 – Perdas em movimentação na solda .....	55
Figura 17 – Perdas em movimentação na montagem.....	56
Figura 18 – Localização da célula de soldagem e transporte do tubo A e B.....	57
Figura 19 – Embalagem sem espaço adequado para retirada de componentes .....	58
Figura 20 – Proposta de layout e fluxo de materiais .....	62
Figura 21 – Proposta de fluxograma de processo x produto .....	63
Figura 22 – Movimentação do tubo e da base giratória .....	65
Figura 23 – Movimentação do tubo, extensão e espaço entre embalagens .....	66
Figura 24 – Célula de solda automatizada .....	67

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação entre layouts por processo e produto.....	29
Quadro 2 – Etapas do processo de pesquisa-ação.....	40
Quadro 3 – Área por processo X recursos .....	48
Quadro 4 – Diagrama de Relacionamento entre as áreas .....	49
Quadro 5 – Carta de Processo da Extensão do Tubo A .....	51
Quadro 6 – Carta de Processo da Extensão do Tubo B .....	51
Quadro 7 – Carta de Processo do Tubo A .....	52
Quadro 8 – Carta de Processo do Tubo B .....	52
Quadro 9 – Representas as perdas em movimentação .....	58
Quadro 10 – Plano de trabalho .....	59
Quadro 11 – Apresentação dos resultados .....	68

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Simbologia de fluxogramas utilizados para processos industriais. ....	24
Tabela 2 – Componentes básicos de um sistema para soldagem robotizada. ....	37
Tabela 3 – Representa os percentuais de cada tarefa.....	53

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	14
1.2 OBJETIVOS .....	15
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
2.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO .....	17
2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO .....	19
<b>2.2.1. As Sete Perdas .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.2 Melhoria Contínua (Kaizen) .....</b>	<b>24</b>
2.3 DEFINIÇÕES DE LAYOUT .....	27
<b>2.3.1 Volume – Variedade .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.2 Layout por Processo ou Funcional.....</b>	<b>29</b>
<b>2.3.3 Layout em Linha .....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.4 Layout Celular .....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.5 Layout por Posição Fixa .....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.6 Layout Combinados .....</b>	<b>32</b>
2.4 INFORMAÇÕES PARA O LAYOUT .....	32
2.5 AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DE SOLDAGEM – ROBOTIZAÇÃO .....	33
<b>2.5.1 Conceito de Soldagem .....</b>	<b>34</b>
<b>2.5.2 Processo de Solda Mig/Mag .....</b>	<b>34</b>
<b>2.5.3 Solda Robotizada .....</b>	<b>35</b>
<b>2.5.4 Solda Automática .....</b>	<b>36</b>
<b>2.5.5 Componentes de um Sistema para Soldagem a Arco Robotizado .....</b>	<b>37</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>39</b>
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	39
<b>4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
<b>4.1.2 Fluxograma de Processo x Produto e Recursos .....</b>	<b>48</b>

<b>4.1.3 Análise do Fluxo de Materiais na Situação Atual .....</b>	<b>54</b>
<b>4.2 PROPOSTA DO NOVO ARRANJO FÍSICO E FLUXO DE MATERIAIS .....</b>	<b>58</b>
<b>4.2.1 Plano de Trabalho para Implementação das Melhorias .....</b>	<b>59</b>
<b>4.2.2 Tipo de Processo da Empresa .....</b>	<b>61</b>
<b>4.2.3 Proposta Documentada do Layout .....</b>	<b>61</b>
<b>4.2.4 Fluxo do Processo com a Proposta do Novo Arranjo Físico .....</b>	<b>63</b>
<b>4.2.5 Movimentação e Transporte a partir das Alterações do Layout .....</b>	<b>64</b>
<b>4.3 VANTAGENS A PARTIR DA IMPLEMENTAÇÃO DO LAYOUT .....</b>	<b>67</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>72</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Com a escassez de mão-de-obra qualificada, as organizações precisam de automação para suprir determinadas atividades nos sistemas produtivos com capacidade de promover alterações com rapidez, aproveitando os recursos com eficiência e maior qualidade nos produtos. O aperfeiçoamento do sistema produtivo é uma meta perseguida constantemente por todas as empresas, tornando-se diferencial competitivo na redução de custos e elevados níveis de produtividade.

Para atingir tais níveis de produção é essencial que o sistema produtivo esteja sincronizado com sua demanda de forma a garantir a melhor utilização dos seus recursos. Esse objetivo pode ser alcançado com o balanceamento de linhas de produção, ou seja, igualar os tempos de processamento, sendo necessária a obtenção dos fluxos de materiais com sincronismo atendendo a filosofia do *Just-in-Time*.

A definição do modelo de arranjo físico a ser utilizado deve estar em sincronismo com o modelo de processamento das operações. Este tem demonstrado bons resultados com grandes históricos de sucesso na organização e controle dos processos produtivos quando aplicados nas mais diversas empresas, sendo necessários conhecimentos na metodologia, nos processos, operações, ferramentas envolvidas, assim como as estratégias de produção atuais e futuras.

Na atual situação temos uma célula de soldagem dos conjuntos dos tubos A e B e das extensões dos tubos A e B, onde o operador ao executar suas tarefas tem como recurso uma calandra, uma máquina de solda por resistência e dois retificadores de solda Mig/Mag a serem operados de maneira manual. Estes processos exigem que os operadores tenham boas condições físicas e excelentes habilidades operacionais para garantir a qualidade nos conjuntos soldados. Tais habilidades são necessárias, pois no processo de solda por resistência e Mig/Mag na aplicação dos pontos e dos cordões necessários para unir as peças e formar os conjuntos. Conjuntos estes, que variam de perfil e dimensões de aproximadamente 2156 milímetros a 4099 milímetros, exigindo do operador, postura às vezes inadequadas, estas condições de operação geram fadiga e por consequência gerando variações no produto que podem apresentar má qualidade.

A partir desta situação caracteriza-se a pesquisa-ação para alteração e implementação do layout na célula de solda dos tubos A e B e das extensões dos tubos A e B, e assim instalar uma célula de solda automatizada. Este processo se caracteriza cada vez mais no diferencial competitivo nas organizações que enfatizam o crescimento planejado e organizado na otimização de seus recursos produtivos, neste caso a empresa busca a melhor utilização de seus recursos, melhor qualidade e aumento de produtividade.

Deve-se observar que um processo implementado de forma incorreta, com capacidade insuficiente e fluxo desorganizado gera condições confusas e desordenadas promovem perdas como baixa qualidade, baixa produtividade com dificuldade de gerenciar tornando a empresa com baixos padrões de competitividade.

A elaboração deste projeto justifica para a empresa que requer tal análise, buscando a disponibilidade de área para instalação do processo de soldagem automatizada e aumento na utilização deste recurso, a fim de alinhar suas estratégias de redução de custo e aumento de produtividade com maior qualidade nos produtos. Destaca-se dentro da Engenharia de Produção, especificamente na gestão de produção, também para o acadêmico faz com que utilize seus conhecimentos e habilidades neste processo contribuindo para seu crescimento profissional e para o meio acadêmico como fonte de pesquisa.

A pesquisa-ação tem como objetivo principal a apresentar um modelo de layout para liberação de área, e assim oportunizar a instalação de tecnologia de soldagem automatizada. Como também o correto balanceamento das operações diminuindo as perdas em movimentação e transporte, em uma linha de soldagem numa empresa do setor metal mecânica.

Diante do que foi exposto anteriormente, definiu-se para o presente trabalho o seguinte problema de pesquisa: “Como disponibilizar área para implementação de uma célula de solda automatizada e obter maior utilização desse recurso para melhorar o processo produtivo?”.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Diante do desenvolvimento tecnológico e em especial a automação, as indústrias estão utilizando-se desses recursos para melhor atender as expectativas

dos consumidores. A realização desse trabalho, oportuniza ao acadêmico pôr em prática seus conhecimentos e experiências e apresentar uma proposta de layout à empresa em estudo, que busca a competitividade, flexibilidade e produtividade na otimização de área e utilização dos recursos fabris em uma célula de soldagem, com incremento de tecnologia automatizada no processo de soldagem. Em virtude disso, tem-se a necessidade de utilizar e apresentar nesse estudo, um projeto de layout com base nos conceitos do Sistema Toyota de Produção e utilizar a filosofia “As Sete Perdas”, além do estudo de tempos e movimentos. Também oportuniza o pesquisador a apresentar experiência e conhecimentos no que se refere a práticas de melhorias de processo, com foco em apresentar uma proposta de eliminação de perdas no processo produtivo, otimização de recursos no fluxo ordenado de materiais, atendendo as necessidades conforme demanda para que, desta forma, os processos estejam alinhados com a estratégia da empresa, observando a alteração no processo de solda de alguns produtos, de solda por resistência para solda Mig/Mag mantendo os níveis de produtividade, qualidade e segurança.

O desenvolvimento desse trabalho destaca-se para o acadêmico e funcionário da empresa pesquisada, a realização do trabalho de conclusão de curso na área de engenharia de manufatura observando o processo produtivo, tendo oportunidade de aplicar seus conhecimentos, habilidades e experiências do ambiente fabril, juntamente com as ferramentas e teorias abordadas no ambiente acadêmico, e principalmente por agregar conhecimento prático e crescimento profissional.

## 1.2 OBJETIVOS

Esta pesquisa-ação tem como principal objetivo, disponibilizar área no layout para implementação de uma célula de solda automatizada numa indústria do setor metal mecânico, onde deverá ser capaz de aumentar a utilização desse recurso na soldagem de determinados conjuntos, utilizando-se das ferramentas do Sistema Toyota de Produção para determinar o fluxo de materiais.

Como objetivos específicos definem-se:

- Identificar, na revisão de literatura, conceitos relacionados a layout, orientados pelo Lean Manufacturing;

- Identificar e analisar os fluxos de materiais utilizando-se da filosofia “As Sete Perdas” para evidenciar as melhorias provenientes das alterações do layout;
- Identificar o processo atual, analisando as tarefas e tempos para validar as alterações de processo de soldagem;
- Identificar os benefícios a partir da implementação do layout no processo de soldagem;

Com base no exposto, o presente trabalho objetiva a análise e posterior implementação de layout para célula de solda para determinados conjuntos utilizando nova tecnologia em soldagem, organização da área fabril e melhorar o fluxo dos materiais nas células de soldagem da empresa em estudo.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão abordados os conceitos da filosofia do Sistema Toyota de Produção, onde grandes autores serão considerados e servirão de referência para este estudo.

### 2.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO

Até o início século XX predominou a produção em massa, onde o princípio para redução do custo unitário era gerado com produção em grande escala e grandes lotes de produção. Segundo Shingo (1996), a partir da década de 90, as indústrias passaram a produzir sob demanda (conforme necessidade do cliente), o que foi impulsionada pelo Sistema Toyota de Produção (STP), o qual surgiu no Japão, na fábrica de automóvel Toyota, iniciando os estudos após a Segunda Guerra Mundial.

Sistema Toyota de Produção também conhecido como Produção Enxuta, desenvolvido por Sakichi Toyoda, sendo esta filosofia de gerenciamento a quem procura otimizar os recursos da organização para atender as demandas do cliente no menor tempo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só manufatura, mas todas as partes da organização. Tem como objetivo central segundo Shingo (1996), capacitar as organizações para responder com rapidez às constantes flutuações da demanda do mercado através do alcance efetivo das principais dimensões da competitividade: flexibilidade, custo, qualidade, atendimento e inovação.

Para desenvolver os processos de manufatura, devem-se conhecer os métodos de produção e o entendimento da Engenharia de Produção, sendo a maneira de pensar como fazer as melhorias, Shingo (1996).

Para obter excelente aproveitamento neste estudo deve-se entender a função produção como um todo. Shingo (1996, p.37) conceitua função produção.

Produção é uma rede de processos e operações. Como um *processo* - transformação de matéria-prima em produto acabado – é efetivado através de uma série de *operações*.

Um *processo* é visualizado como fluxo de materiais no tempo e no espaço, é a transformação da matéria-prima em produto semi-acabado e daí produto

acabado. Por seu turno, as *operações* podem ser visualizadas como o trabalho a ser realizado para efetivar a essa transformação – a interação do fluxo do equipamento e operadores no tempo e no espaço.

A função produção, entendida como o conjunto de atividades que levam a transformação de um bem tangível em outro com maior utilidade, acompanha o homem desde sua origem (LAUGENI; MARTINS, 1999, p.1).

Conforme Moreira (2001), define-se “sistema de produção” como o conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens (caso de indústrias), pois estes mudam o formato da matéria-prima proveniente da transformação, já nos serviços, a tecnologia aplicada é baseada mais em conhecimento do que em equipamento.

Outro fator presente nas organizações é a competitividade, ou seja, a capacidade da organização em cumprir sua missão de satisfazer as necessidades e expectativas do cliente aos quais servem, dessa forma estará aumentado sua rentabilidade com relação aos seus concorrentes. Para atender essas características, os sistemas automatizados de produção têm sido de grande importância nas indústrias, conforme Laugeni e Martins (1999, p.9) definem.

Ser competitivo é ter condições de concorrer com um ou mais fabricantes e/ou fornecedores de um produto e/ou serviço em um determinado mercado. À medida que crescem as vantagens competitivas de uma empresa aumentam a parcela de mercado. Sendo uma das estratégias adotadas pelas empresas é a robotização, a automação das linhas de produção, com robôs, manufatura integrada por computadores etc. Estas são capazes de promover e auxiliar em outras estratégias como a diminuição de custos de produção, aumento da qualidade de seus produtos, maior flexibilidade, inovação e aumento de produtividade.

Diante das inovações tecnológicas, as indústrias devem estar atentas às tendências de mercado e isso se torna imprescindível para o aumento da produtividade e competitividade nas organizações. Assim, investimentos em pesquisa e desenvolvimento dão indicativos das perspectivas de aumento de produtividade a longo e médio prazo (LAUGENI; MARTINS, 1999, p.1).

Schonberger (1986), define flexibilidade de produção como sendo a relação com a capacidade de troca de ferramentas e/ou produtos de forma rápida, para que isso aconteça, devem-se ter métodos e processos bem desenvolvidos e geralmente automatizados, também sugere algumas formas de se aumentar a flexibilidade dos equipamentos sem o uso de automação flexível.

## 2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Para entender o Sistema Toyota de Produção é necessário conhecer sua filosofia e objetivos, sendo que esta filosofia de gerenciamento, procura otimizar os recursos necessários para produção e bens e/ou serviços com menor custo, mas para atingir tais níveis de competitividade é necessário flexibilização, custos, qualidade, atendimento e inovação, sistema habilitado a enfrentar melhor um mercado em constante mudança (SHINGO, 1996).

Para Ohno (1997), um diferencial entre a indústria japonesa e a americana é que os americanos buscavam redução de custo através da produção em massa de carros com baixa variabilidade de modelos.

“Nosso problema era como cortar custos e, ao mesmo tempo, produzir pequenas quantidades de muitos tipos de carros” (OHNO, 1997, p. 23).

Desperdício é conhecido pelos japoneses como atividades que demandam recursos, mas não agregam valor, Womack e Jones (1998, p.03), conceituam desperdício, como:

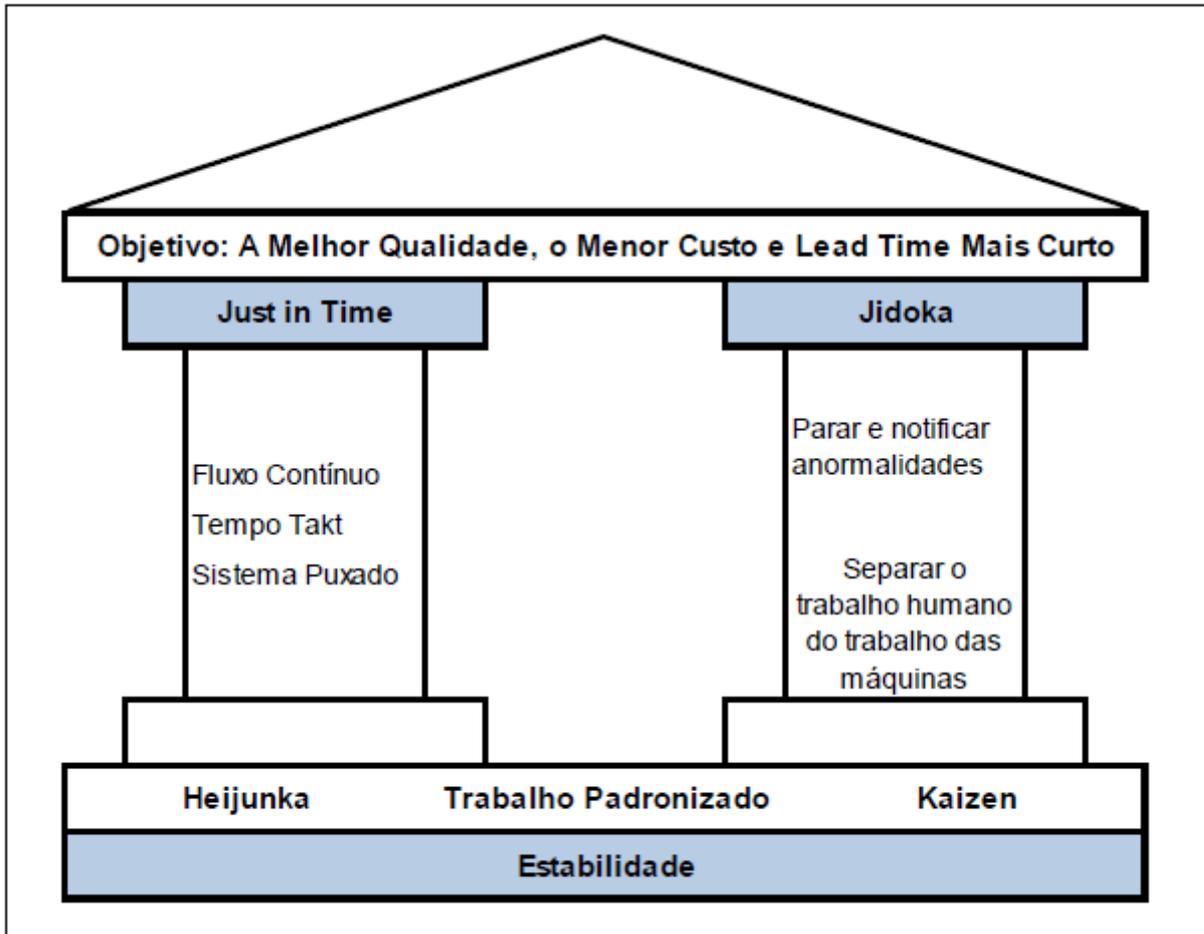
Desperdícios são erros que exigem retificação, produção de itens que ninguém deseja, acúmulo de mercadorias no estoque, etapas de processamento que na verdade não são necessárias, movimentação de funcionários e transporte de mercadorias de um lugar para o outro sem propósito, grupos de pessoas em uma atividade posterior que ficam esperando porque uma atividade anterior não foi realizada dentro do prazo e bens e serviços que não atendem às necessidades do cliente.

Para Ohno (1997), a condição primordial para produzir no Sistema Toyota de Produção é a total eliminação do desperdício através do sistema de automação, onde a detecção pelo erro ocorre de forma automática sem interferência humana.

“Os dois pilares do Sistema Toyota de Produção são a automação e o *just-in-time*” (OHNO, 1997, p. 91).

Na figura 1, pode-se identificar os pilares da estrutura do Sistema Toyota de Produção.

Figura 1 – Pilares da estrutura do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Lei, 2003.

A filosofia *Just-In-Time* significa que cada processo deve ser suprido com os itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo. O objetivo do JIT é identificar, localizar e eliminar as perdas, garantindo um fluxo contínuo de produção. Porém isso não poderia ocasionar superprodução nem estoques, uma vez que isso caracteriza perda de processo (SHINGO, 1996).

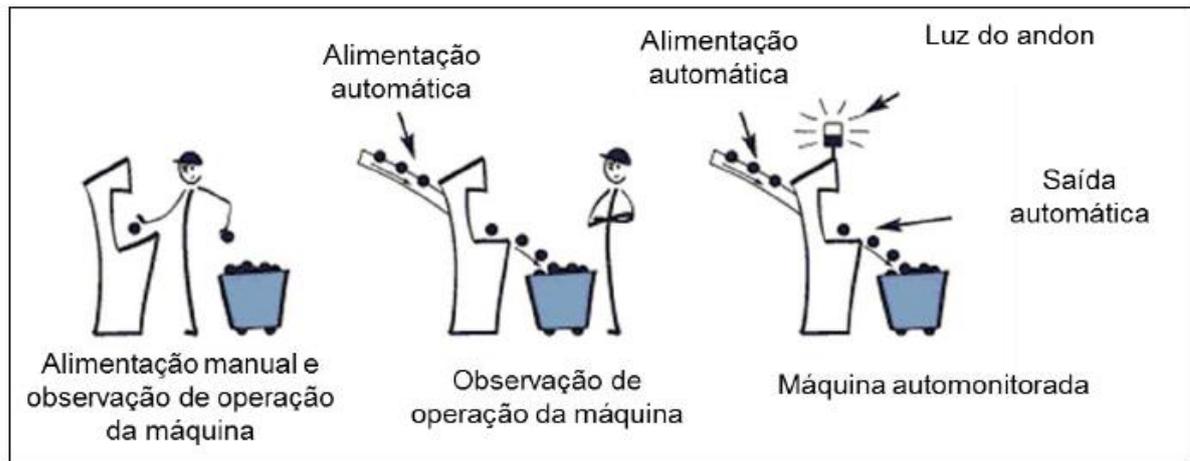
Em resumo, o *Just-In-Time* possibilita otimização de recursos e capital, propiciando a entrega de produtos conforme demanda dos clientes, atendendo requisitos de qualidade e com custos reduzidos.

A automação também é conhecida como Jidoka ou automação inteligente, e para Ohno (1997), esse conceito teve início a partir das ideias de Toyoda Sackichi, que foi o inventor de um tear com um dispositivo que fazia a interrupção do processo imediatamente, caso um dos fios torcidos rompesse ou então se um dos fios terminasse.

Ohno (1997), complementa que esse tear foi automatizado para evitar perdas do processo, retrabalhos e defeitos, bem como sua propagação no decorrer do processo, caso venham ocorrer, fazendo com que as máquinas trabalhem para as pessoas adicionando, dessa forma, inteligência humana às mesmas.

Na figura 2, podem-se perceber as evoluções obtidas ao longo do processo Jidoka.

Figura 2 – Evolução obtida através do Jidoka.



Fonte: Lei, 2003.

O Jidoka (automação) é um dos dois pilares da Produção Enxuta e pode ser definido como automação com um toque humano, ou a engenharia do modo como as pessoas trabalham com as máquinas. Seus conceitos e ferramentas permitem reduzir os custos e aumentar a qualidade e produtividade simultaneamente, complementa Shingo (1996, p. 197).

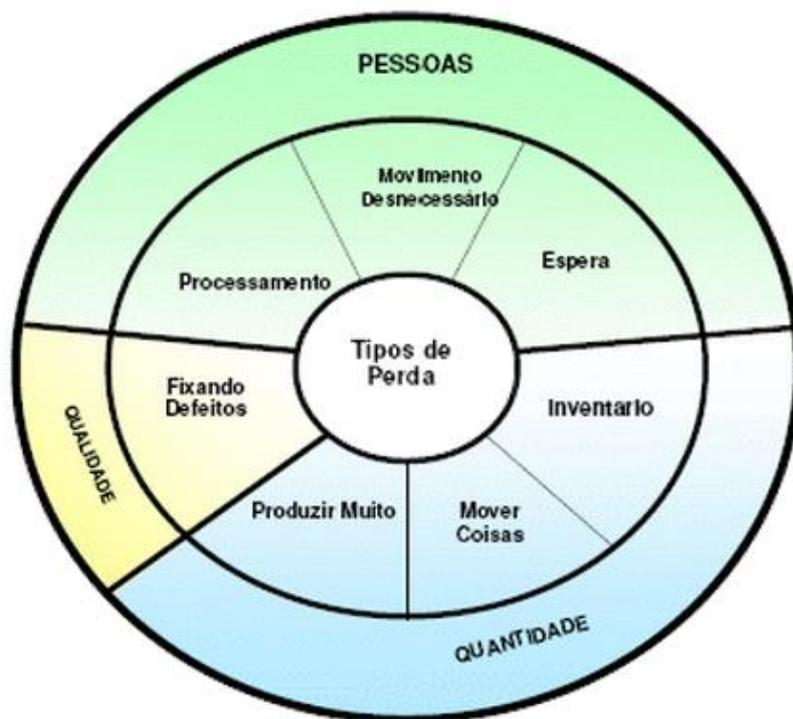
A razão é que as máquinas não têm inteligência necessária para detectar anormalidades. Éramos capazes de obter operações não-supervisionadas, acoplando vários dispositivos às máquinas, para detectar anormalidades nas próprias máquinas, assim como nos produtos.

### 2.2.1. As Sete Perdas

Para Ohno (1997), tem a visão de Produção Enxuta como sendo resultado da eliminação dos desperdícios clássicos nos processos, também denominado de as sete perdas existentes no ambiente comum das empresas.

Os Sete Tipos de Perdas são relacionados com pessoas, quantidades e qualidade, sendo que em pessoas têm-se perdas em processamento, movimentação e espera. Já na quantidade têm-se perdas em produção excessiva, transporte e inventário excessivo e por último na qualidade temos somente uma perda que está relacionada aos defeitos (OHNO, 1997) representados na figura 3.

Figura 3 – Relação dos sete tipos de perda



Fonte: Ohno, 1997.

Para Shingo (1996), as sete perdas são parte relevantes do Sistema Toyota de Produção, pois se estas forem eliminadas teremos o aumento na eficiência dos recursos. Destacam-se abaixo:

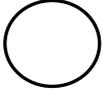
1. Perda por superprodução ou produção excessiva – têm-se dois tipos, sendo quantitativa onde é produzido produto a mais que o necessário e outro tipo de forma antecipada, ou seja, fazer antes de sua necessidade.
2. Perda por espera – tempo este, em que trabalhadores aguardam para efetuarem suas tarefas, falta material ou máquinas paradas, é importante ter o sincronismo entre fluxo de materiais, linhas de produção e eficiência das máquinas.

3. Perda por transporte – movimentações excessivas entre processos ou operações resultam em desperdício, esse nunca aumenta o valor agregado, apesar de sua necessidade, podendo ser aperfeiçoado com a melhoria de layout da planta.
4. Perda por processamento – neste caso, melhorias voltadas à engenharia de valor e à análise de valor devem ser realizadas em primeiro lugar. Algumas operações existem por necessidades de projetos ruins, de componentes ou manutenção. Pode-se otimizá-las aplicando metodologias de engenharia, que consistem em simplificar ou reduzir operações e componentes.
5. Perda por estoque de produto ou inventário excessivo – devem-se considerar dois fatores importantes, sendo o prazo de entrega e o ciclo de produção, este exerce grande influência nos estoques de produto. O aumento significativo desse estoque gera inevitável especulação por parte do cliente. Se o ciclo de produção for maior que o prazo de entrega, devemos equalizar, e sincronizar os fluxos de peças unitárias em pequenos lotes.
6. Perda por movimentos – esse relaciona-se aos movimentos necessários dos trabalhadores em executar suas atividades, os quais devem estabelecer padrões efetivos, direcionando esforços nos movimentos básicos para depois aperfeiçoá-los. Oferecer condições onde peças, equipamentos e ferramentas necessárias para realizar as operações estejam a seu alcance, evitando deslocamento desnecessário.
7. Perda por produzir itens/produtos defeituosos – significa desperdiçar materiais, recursos como mão-de-obra e equipamentos, movimentação e inspeção. Esse desperdício geralmente é muito significativo nas empresas, pois seus custos são maiores que tradicionalmente tem sido considerado. Podem ser eliminados se inserir as inspeções (avaliar critérios), controles de qualidade baseados nos critérios elaborados e dispositivos poka-yokes.

Para representar graficamente as perdas no processo podem ser utilizados os fluxogramas que são formas de representar graficamente, por meio de símbolos, um processo de fácil visualização utilizado pelos gerentes de produção para analisar sistemas produtivos, buscando identificar oportunidades de melhorar a eficiência dos processos de acordo com a afirmação de (PEINADO; GRAEML, 2007, p. 149).

As atividades de análise de um processo podem ser demonstradas graficamente através de uma simbologia padrão, conforme já mencionado por Shingo (2006), os cinco elementos distintos do processo e representados de forma gráfica por (PEINADO; GRAEML, 2007). Na tabela 1 estão identificados os símbolos com descrição e exemplos dos processos industriais.

Tabela 1 – Simbologia de fluxogramas utilizados para processos industriais.

SIMBOLO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
	<b>Operações:</b> ocorre quando se modifica intencionalmente um objeto em qualquer de suas características físicas ou químicas, ou também quando se monta ou desmonta componente e partes.	Colocar um parafuso, rebitar, dobrar, soldar, digitar, preencher um formulário, escrever, misturar, ligar e operar máquinas, etc.
	<b>Transporte:</b> ocorre quando um objeto ou matéria-prima é transferido de um lugar para outro, de uma seção para outra, de um prédio para outro.	Transportar manualmente ou com um carrinho, por meio de uma esteira, levar carga de caminhão, levar documentos de um setor para outro, etc.
	<b>Espera ou demora:</b> ocorre quando um objeto ou matéria-prima é colocado intencionalmente numa posição estática. O material permanece aguardando processamento ou encaminhamento.	Esperar pelo transporte, estoques em processo aguardando material ou processamento, papéis aguardando assinatura, etc.
	<b>Inspecção:</b> ocorre quando um objeto ou matéria-prima é examinado para sua identificação, quantidade ou condição de qualidade.	Medir dimensões do produto, verificar pressão ou torque de parafusadeiras, conferir quantidade de material, conferir carga, etc.
	<b>Armazenagem:</b> ocorre quando um objeto ou matéria-prima é mantido em área protegida especificada na forma de estoque.	Manter matéria-prima no almoxarifado, produto acabado no estoque, documentos arquivados, arquivos em computador, etc.

**Fonte:** Adaptado de Peinado e Graeml, 2007, p. 151.

Boa parte das atividades realizadas, nem sempre são realmente necessárias. Um exemplo de melhoria realizada em um processo foi a remoção das câmaras de ar dos pneus, onde a função básica da câmara era prender o ar e fazer com que o pneu ficasse cheio ao revisar o projeto de pneus e de rodas, fazendo com que os pneus conseguissem prender o ar, contudo a câmara foi eliminada (BARNES, 1997).

### 2.2.2 Melhoria Contínua (Kaizen)

Mesquita (2001), relata que Kaizen é um termo bastante divulgado e conhecido, inclusive sua definição de que é uma melhoria envolvendo todos na

organização – tanto na administração quanto chão de fábrica – gerando relativamente pouco gasto. Essa filosofia dita que nossa forma de viver – tanto no trabalho, quanto na vida social e em casa – deve ser focada em esforços contínuos de melhoria.

Segundo Braga (2003), os grupos orientados para os trabalhos dentro da metodologia Kaizen são compostos por poucas pessoas, que estabelecem como objetivo melhorar os métodos atuais de trabalho ou resolver problemas específicos. Direccionam, na maioria das vezes, seus esforços para uma melhoria de seus postos de trabalho e recursos, buscando a redução de custos e eliminação de desperdícios. Com o envolvimento dos funcionários na melhoria alcançada, após a definição dos objetivos estabelecidos, torna-se mais fácil o seguimento dos padrões determinados.

Nesse mesmo sentido, Shingo (1996), afirma que implementar melhorias nas operações sem analisar os efeitos nos processos, pode até comprometer os resultados de eficiência.

“Para maximizar a eficiência da produção, analise profundamente e melhore o processo antes de tentar melhorar as operações” (SHINGO, 1996, p. 38).

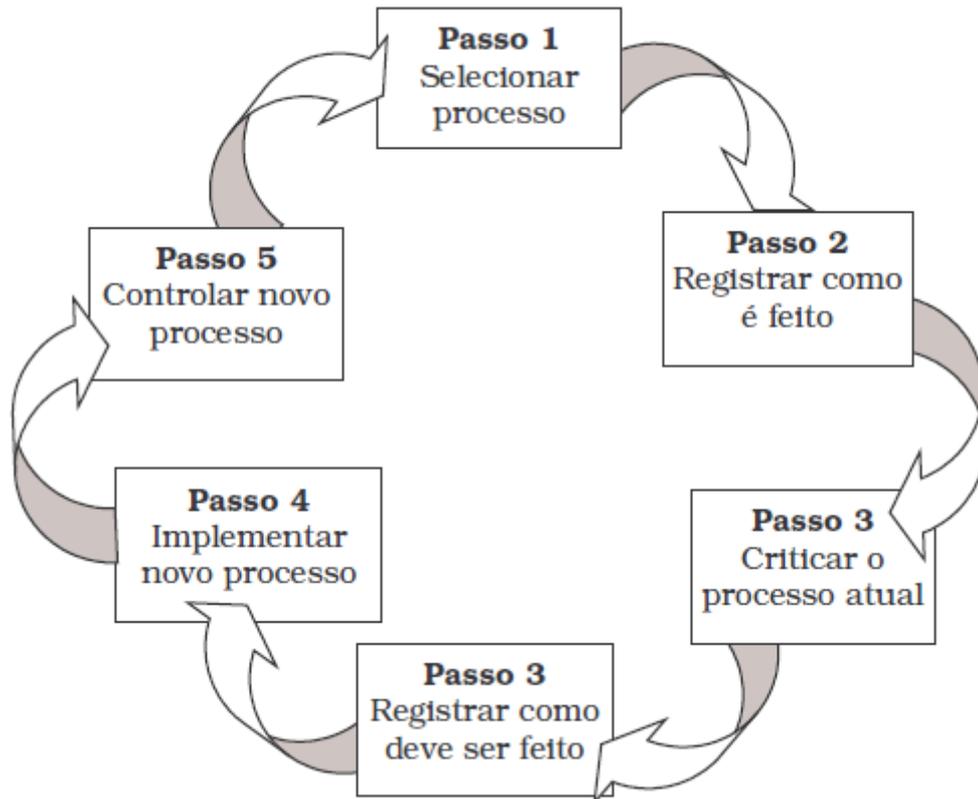
Ainda Shingo (1996), afirma ter cinco elementos distintos de processos que podem ser identificados no fluxo de transformação: processamento, inspeção, transporte, espera do processo e espera do lote, sendo que o único componente que realmente agrega valor é o processamento, pois os demais podem ser caracterizados como perdas.

Shingo (1996), ressalta que nem todas as operações agregam valor, mas apenas as operações essenciais (tais como corte, soldagem, usinagem, conformação), que também oferecem oportunidades de melhorias para eliminar perdas.

Para Peinado e Graeml (2007), a análise do processo pode ser feita para operações já existentes ou para operações novas a serem implementadas, sendo possível melhorar a existente ou projetar a nova com mais eficiência.

Ainda comenta que a análise de um processo de trabalho deve seguir uma sequência lógica de ações, conforme ilustrado na figura 4, (PEINADO; GRAEML, 2007).

Figura 4 – Ilustra a sequência de ações para análise de processos de trabalho



**Fonte:** Peinado e Graeml, 2007, p. 145.

Passo 1 - Seleccionar um processo: devido ao imenso número de processos de execução de tarefas, é impraticável querer avaliar e melhorar todos os processos ao mesmo tempo.

Passo 2 - Registrar como é feito: o fato de registrar seus procedimentos tem-se a possibilidade de encontrar algum processo deficiente, objeto de um estudo de melhoria, que esteja documentado. Para processos industriais, a forma de registro mais comumente usada é, sem dúvida, o fluxograma.

Passo 3 – Criticar o processo atual: afirma ser este o estágio mais importante, contudo, se o procedimento foi registrado corretamente, fica muito mais fácil propor melhorias. A proposta de melhorias pode ser feita por meio de um brainstorming com os envolvidos. Dando sequência ao passo três, devemos registrar como deve ser feito o novo processo, a partir do novo método desenvolvido. As críticas ao modelo estudado devem ser registradas e documentadas.

Passo 4 – Implementar novo processo: a implementação do novo processo vai depender do grau de dificuldade envolvido, diz respeito à necessidade de investimentos.

Passo 5 – Controlar novo processo: controlar o novo processo, certificar-se de que ele atendeu às expectativas, se as economias planejadas estão acontecendo e verificar se o processo pode ainda ser melhorado dentro da filosofia de melhoria contínua.

### 2.3 DEFINIÇÕES DE LAYOUT

Slack (2002), define o arranjo físico de uma operação produtiva, como a preocupação com a localização física dos recursos de transformação. De forma simples, definir o arranjo físico é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção.

Stevenson (2001), considera que o arranjo físico é a configuração de departamentos, de centros de trabalho e de instalações e equipamentos, com ênfase especial na movimentação otimizada, através do sistema, dos elementos aos quais se aplica o trabalho.

Gaither e Frazier (2001), dizem que definir o arranjo físico significa planejar a localização de todas as máquinas, utilidades, estações de trabalho, áreas de atendimento ao cliente, áreas de armazenamento de materiais, corredores, banheiros, refeitórios, bebedouros, divisórias internas, escritórios e salas de computador, e ainda os padrões de fluxo de materiais e de pessoas que circulam o prédio.

Martins e Laugeni (1999), afirmam o que é necessário para definição de layout:

Para definição de layout deve-se ter a determinação da capacidade de produção e quantidade por turnos de trabalho a serem utilizados, sendo importante identificar os gargalos, isto é, dos processos ou equipamentos que limitam a capacidade de produção e devem ser identificados (MARTINS e LAUGENI, 1999, p.370).

Peinado e Graeml (2007), comentam que a necessidade de alterar o arranjo físico decorre geralmente por motivo de expansão da capacidade produtiva, elevados custos operacionais, introdução de novos produtos e melhoria no ambiente

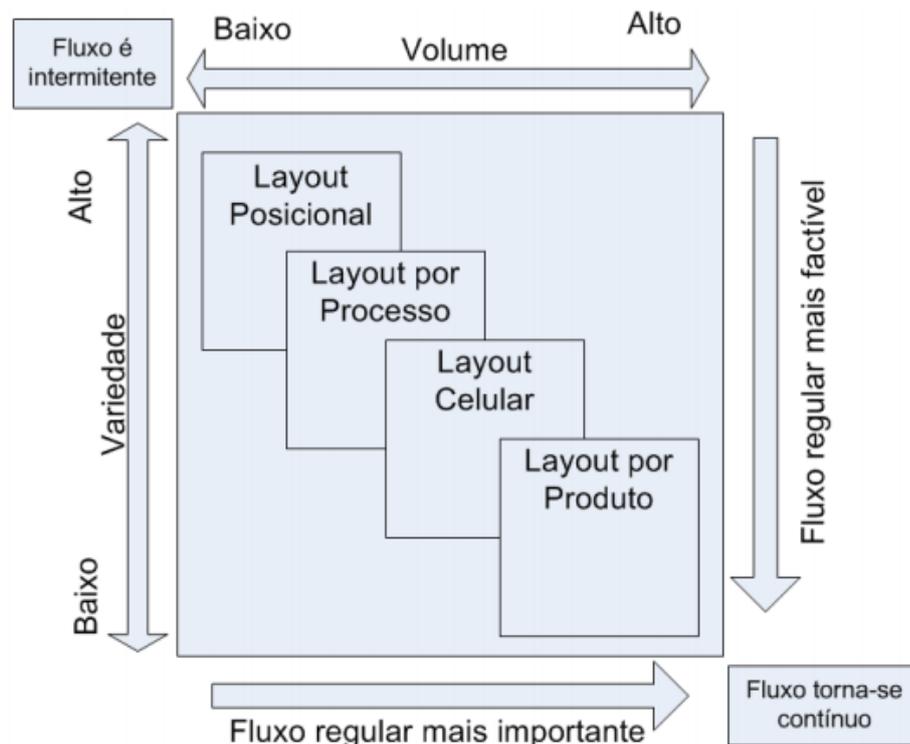
de trabalho, mas devem levar em consideração os princípios de segurança, economia de movimentos, fluxo de materiais e o espaço utilizado.

### 2.3.1 Volume – Variedade

Na definição do processo preferencial para o planejamento do layout, deve-se definir um tipo preferencial que apresente maior afinidade com o processo a fim de montar como base, e com o decorrer dos estudos, ir aplicando os demais processos para avaliar suas melhorias e divergências. Em um estudo de manufatura, a característica de volume-variedade ditará o processo mais adequado para o planejamento (SLACK, CHAMBERS e HARRISON, 2002).

Conforme Slack, Chambers e Harrison (2002), de todas as características dos vários tipos básicos de layout, talvez a mais significativa seja a implicação dos custos unitários na escolha do tipo de layout. Isto pode ser mais bem entendido com base na distinção entre as repercussões sobre os elementos de custo fixo e variável ao se adotarem os diversos tipos básicos de layout, conforme figura 5.

Figura 5 – Matriz de layout e gráfico volume-variedade



Fonte: Slack (2002).

Para Slack, Chambers e Harrison (2002), pode-se definir que existe nos layouts certo nível de conexão entre as diferentes etapas do processo agregador de valor. Essa conexão é alta em linhas de montagem, mas chega ao seu máximo em operações que trabalham com processos de fluxos contínuos, como por exemplo, em petroquímicas e em fábricas de papel. Neste tipo de fabricação o tempo de transporte é minimizado ao máximo, o que traz uma maior eficiência. Qualquer alteração do roteiro produtivo torna-se impossível ou muito difícil de ser feita normalmente. Chega-se assim a um trade-off envolvido neste tipo de layout, onde se privilegia a eficiência, sendo em consequência menos flexível. No quadro 1 temos uma comparação entre layouts de processo e por produto.

Quadro 1 – Comparação entre layouts por processo e produto

Tarefas	Layout por Processo	Layout por Produto
Lógica	Recursos agrupados por função	Recursos arranjados sequencialmente
Tipo de Processo	Por tarefa	Linha (manual ou automática)
	Por lote ou batelada	Fluxo contínuo
Fluxo processado	Intermitente, variável	Contínuo
Volume por produto	Baixos	Altos
Variedade por produto	Alto	Baixo
Decisão do layout	Localização dos recursos	Balanceamento de linhas
Estoque em processo	Alto	Baixo
Sincronização entre etapas	Difícil	Fácil
Identificação de gargalos	Mais difícil	Mais fácil
Distâncias percorridas	Longas	Curtas
% de tempo agregando valor	Baixo	Alto
Espaço requerido	Grande	Pequeno
Natureza geral dos recursos	Mais polivalentes	Dedicados
Custo com manuseio de materiais	Mais altos	Mais baixos
Critérios competitivos priorizados	Flexibilidade	Custo, velocidade

Fonte: Adaptado de Corrêa e Corrêa (2006)

### 2.3.2 Layout por Processo ou Funcional

Para Laugeni e Martins (1999), nesse tipo de layout, todos os processos e os equipamentos do mesmo tipo são desenvolvidos na mesma área, também operações ou montagens semelhantes são agrupadas na mesma área. O material se desloca buscando os diferentes processos.

Características:

- Flexível para atender a mudança do mercado;
- Atende a produtos diversificados em quantidades variáveis ao longo do tempo;
- Apresenta um fluxo longo dentro da fábrica;
- Adequado a produções diversificadas em pequenas e médias empresas;
- Possibilita uma relativa satisfação no trabalho;

É característica desse tipo de arranjo o agrupamento de máquinas semelhantes formando departamentos ou setores de processos com nomenclatura bastante comum nas fábricas, como: setor de estampagem, departamento de usinagem, seção de tingimento, setor de acabamento, etc. Nestas configurações não se identifica a fábrica, ou seus setores, pelos produtos fabricados, mas, pelos seus processos (CAMAROTTO; MENEGON, 2006).

### **2.3.3 Layout em Linha**

De acordo com Peinado e Graeml (2007), neste tipo de arranjo as máquinas, equipamentos ou as estações de trabalho são colocados de acordo com a sequência das operações e são executadas de acordo com a sequência da montagem, sem caminhos alternativos para o fluxo alternativo. O material percorre um caminho previamente determinado dentro do processo.

Características:

- Para a produção com pouca ou nenhuma diversificação, em quantidade constante ao longo do tempo em grande quantidade;
- Alto investimento em máquinas;
- Costuma gerar monotonia e estresse nos operadores;
- Pode apresentar problemas com relação à qualidade dos produtos fabricados. “Este arranjo permite obter um fluxo rápido na fabricação de produtos padronizados, que exigem operações de montagem ou produção sempre iguais” (PEINADO; GRAEML, 2007, p. 203).

Para Peinado e Graeml (2007), quando se fala de layout em linha, não necessariamente precisa ser em linha reta, pode este ser em forma de U ou S, dependendo das condições pode ter outra forma de circuito diferente, dependendo

da área e instalações que a empresa detém, como também, do produto a ser produzido.

#### **2.3.4 Layout Celular**

Segundo Laugeni e Martins (1999), a célula de manufatura consiste em arranjar num só local (a célula) máquinas diferentes que possam fabricar o produto inteiro, unindo as vantagens do arranjo físico por processo, com as vantagens do arranjo físico por produto. O material se desloca dentro da célula buscando os processos necessários.

“Alguns gerentes de produção se referem ao arranjo celular como mini linhas de produção” (PEINADO; GRAEML, 2007, p.225).

Características:

- Relativa flexibilidade quanto ao tamanho de lotes por produtos;
- Específicos para uma família de produtos;
- Diminui o transporte de materiais;
- Diminui os estoques;
- Centraliza a responsabilidade sobre o produto fabricado;
- Enseja satisfação no trabalho;
- Permite elevado nível de qualidade e de produtividade;

As máquinas e equipamentos estão distribuídos em células encarregadas de produzir, do início ao fim, uma família de produtos (PEINADO; GRAEML, 2007).

#### **2.3.5 Layout por Posição Fixa**

É aquele em que o produto, ou material permanece fixo em uma determinada posição e as máquinas se deslocam até o local executando as operações necessárias (LAUGENI; MARTINS, 1999).

Características:

- Para um produto único, em quantidade pequena ou unitária, e em geral, não repetitiva. É o caso da fabricação de navios, grandes transformadores elétricos, turbinas, pontes rolantes, grandes prensas, balanças rodoferroviárias e outros produtos de grandes dimensões físicas;

- Por se tratar de produto único, pode ser utilizado o sistema de rede PERT ou CPM para programar e controlar a sequência das atividades (PEINADO; GRAEML, 2007);

Este arranjo é utilizado quando, devido ao porte do produto ou à natureza do trabalho não é possível outra forma de arranjo. São dois os casos básicos em que o arranjo por posição fixa é amplamente utilizado (PEINADO; GRAEML, 2007).

### **2.3.6 Layout Combinados**

Para Laugeni e Martins (1999), layouts combinados ocorrem para que sejam aproveitadas em um determinado processo as vantagens do layout funcional e da linha de montagem (geralmente).

Pode-se ter uma linha constituída de áreas em sequência com máquinas do mesmo tipo (layout funcional), continuando posteriormente com uma linha clássica.

## **2.4 INFORMAÇÕES PARA O LAYOUT**

Nos itens acima, identificamos os tipos de layout possíveis de implementar nos processos produtivos das indústrias, dependendo das condições fabris e do produto a ser produzido, mas antes de escolher devemos considerar algumas informações relatadas por (LAUGENI; MARTINS, 1999), que são as seguintes:

- Especificações do produto;
- Características do produto: dimensões, características especiais;
- Quantidade de produtos e de materiais;
- Sequência de operações e de montagem;
- Espaço necessário para cada equipamento: incluindo espaço para movimentação do operador, estoques e manutenção;
- Informações sobre recebimento, expedição, estocagem de matérias-primas e produtos acabados e transporte;

Após ter identificado o tipo de layout a ser utilizado, é necessário identificar quais as ferramentas a serem utilizadas, para que desta forma tenhamos o máximo de aproveitamento da capacidade produtiva em cada tipo de layout.

Para a produção no layout em linha, é necessário obter o balanceamento das operações, ou seja, a divisão das atividades de maneira que todos tenham o mesmo ciclo de tempo entre um produto e outro, podendo utilizar o diagrama de precedência para identificar as atividades subsequentes (PEINADO; GRAEML, 2007).

Para o layout de processo, é importante identificar os fluxos de materiais e quantidades, a direção e sentido, para isso utiliza-se a carta de multiprocesso que indica a sequência de operações pelas quais os produtos devem passar e os correlaciona com os processos com que os produtos serão fabricados, podemos também utilizar o fluxograma (PEINADO; GRAEML, 2007).

Outro método a ser utilizado é o qualitativo para análise de proximidade entre setores ou departamentos, utilizando o diagrama de relacionamento, de acordo com a figura 6, (PEINADO; GRAEML, 2007).

Figura 6 – Diagrama de relacionamento

Setor A						A = Fundamental estar próximo						
A	Setor B					E = Especialmente importante estar próximo						
U	I	Setor C				I = Importante estar próximo						
A	I	A	Setor D			O = Desejável estar próximo						
O	X	X	E	Setor E		U = Não precisa estar próximo						
I	O	O	I	U	Setor F		X = Indesejável estar próximo					

Fonte: Peinado e Graeml, 2007, p. 219.

## 2.5 AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DE SOLDAGEM – ROBOTIZAÇÃO

A robotização de alguns processos de soldagem, como solda ponto e Mig/Mag, vem sendo cada vez mais empregada, principalmente nos países mais desenvolvidos. Porém, a soldagem manual permanece uma atividade importante, mesmo em indústrias que apresentam alto índice de automação e robotização, tecnologias que requerem operadores com conhecimento tanto em soldagem, como em programação e planejamento da produção (ROMANO, 2002).

Comparando-se os custos das diferentes tecnologias, se o custo de implantação de um robô for o mesmo que a instalação de um posto de soldagem e contratação de soldadores, em longo prazo o robô pode ser vantajoso, pois terá maior produtividade sendo necessária uma única pessoa para alimentá-lo

(SPENCER, 2001). Para obter sucesso na implantação de tal tecnologia, é necessário considerar que é questão importante ter como objetivo as mudanças propostas para melhorarem a capacidade produtiva dos elementos humanos. Para o trabalhador, uma das vantagens do emprego de robôs é o fato de ele ser afastado do ambiente de soldagem, ou seja, da exposição a fumos e demais partículas, bem como dos gases e radiação emitidos, além do ruído gerado por alguns equipamentos e processos.

### **2.5.1 Conceito de Soldagem**

Pode-se definir a soldagem como sendo a técnica de reunir duas ou mais partes que passa a constituir um todo, assegurando a continuidade do material, assim como suas características mecânicas e químicas. A soldagem é classificada com destaque entre os processos de união dos materiais, pois pode ser amplamente empregada e por envolver grande volume de atividades. A soldagem pode ser realizada: pela fusão de dois materiais em contato íntimo, ou seja, no nível atômico; pela fusão dos mesmos com adição de outro material fundido; ou pelo contato desses materiais, seja na fase sólida ou semi-sólida. Tem grande atuação na área dos metais e suas ligas, por sua versatilidade e economia, assim como pelas propriedades mecânicas apresentadas por estas uniões. Porém, apesar da qualidade da união, a soldagem provoca, em geral, distorção no material base (MACHADO, 1996).

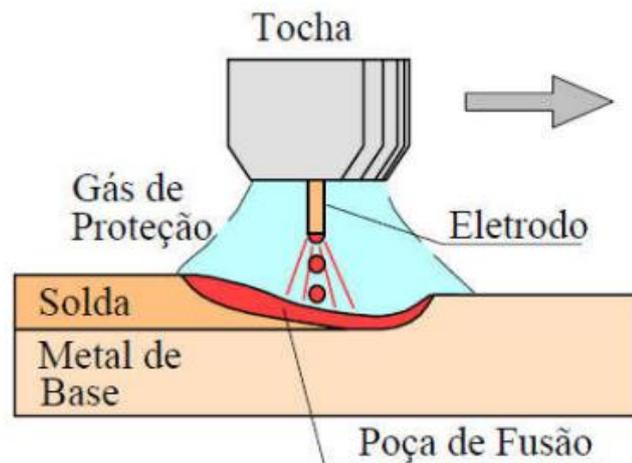
### **2.5.2 Processo de Solda Mig/Mag**

O processo de soldagem Mig/Mag caracteriza-se pela abertura e manutenção do arco elétrico entre o metal de adição, que é alimentado continuamente, e o metal base. Devido ao fato de o eletrodo apresentar revestimento, fica a cargo da proteção gasosa, com pressão e vazão adequada, a função de proteger a poça de fusão contra a atmosfera vizinha. Tal proteção também auxilia na formação e manutenção do arco elétrico (ALVES, 2009).

Tendo como variações a proteção por gás inerte, cujo processo é conhecido como MIG (Metal Inerte Gas); ou a proteção por gás ativo (oxidante), cujo processo é conhecido como MAG (Metal Active Gas). Neste caso, a soldagem é realizada por

um arco elétrico, estabelecido entre um arame nu, continuamente alimentado, e a peça. A proteção do mesmo e da poça de fusão é realizada por gás que flui pelo bocal, tendo o arame no centro do fluxo, Machado (1996). Pode se visto no esquemático do processo de soldagem na figura 7.

Figura 7 – Esquemático do processo de solda Mig/Mag



Fonte: Machado, 1996.

### 2.5.3 Solda Robotizada

De acordo com Schnee (1996), a soldagem robotizada oferece a uma empresa a oportunidade de ganho em competitividade, enquanto melhora sua imagem frente a clientes como um fornecedor de alta qualidade e custo reduzido. Sistemas robotizados de solda aumentam a flexibilidade de resposta frente a mudanças na necessidade de produção e reduzem o retrabalho em fabricação, desta forma o tempo de entrega é diminuído.

Portanto, o emprego da robótica tem o poder de incrementar a produtividade e melhorar a qualidade de uma indústria, desde que se façam ajustes a fim de que o investimento alcance de fato o resultado esperado.

Um sistema de soldagem robotizada é composto basicamente por quatro subsistemas interligados: robô para soldagem, equipamento de soldagem, dispositivos para posicionamento e fixação e por fim, sistema de segurança, (ROMANO, 2002).

Segundo Alves (2009), são notáveis e já consolidadas as vantagens que o processo Mig/Mag propicia, tanto na solda semiautomática como no processo automático, é muito empregado a soldagem robotizada produzindo soldas de alta qualidade e repetitividade.

#### **2.5.4 Solda Automática**

Soldagem automática é definida como a utilização de componentes mecanizados/eletrônicos para executar as funções básicas e necessárias de um procedimento de soldagem. Para que a soldagem seja considerada automática, é necessário que as três etapas descritas a seguir sejam satisfeitas.

- Iniciar o arco elétrico;
- Criar movimento relativo entre a tocha e a peças;
- Regular as variações de soldagem como tensão, corrente, taxa de alimentação do arame, etc. para assim controlar o arco elétrico.

Segundo Romano (2002), a soldagem robotizada é uma forma específica de soldagem automática e é definida pela AWS (American Welding Society) como soldagem feita com equipamento (robô, manipulador, etc.) o qual executa operações de soldagem, após programação, sem ajuste ou controle por parte do operador de solda.

Primeiramente foram introduzidos robôs na indústria automobilística para soldas ponto. Em Alves (2009), é dito que tais robôs continuam sendo amplamente utilizados, mas foi no campo da soldagem GMAW (Gas Metal Arc Welding) e GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) mais conhecida como TIG (Tungsten Inert Gas) que a soldagem robotizada ganhou destaque. Muitos fatores contribuíram para a robotização sendo possível citar:

- Maior controle do processo;
- Diminuir necessidade de mão-de-obra qualificada;
- Padrões de qualidade inaceitáveis em processo não robotizados;
- Incremento de produção;
- Diminuição dos custos de produção;

### 2.5.5 Componentes de um Sistema para Soldagem a Arco Robotizado

Em Romano (2002), é dito que o robô industrial consiste em elos conectados possuindo uma tocha de soldagem numa extremidade controlada pelo programa inserido no robô. Vale salientar as diversas possibilidades de orientação que um robô de soldagem pode utilizar. Existe a configuração cartesiana a qual possui as três direções (eixo x, eixo y e eixo z), este é muito empregado para soldagem de cordões lineares. Também há a configuração cilíndrica (eixo x e eixo z, 1 junta de rotação) e esférico (eixo x, 2 juntas de rotação). Finalmente, existe o robô articulado no qual todas operações são de rotação e que permitem a tocha estar em qualquer posição do espaço de alcance do braço.

Os robôs de soldagem são constituídos por quatro principais elementos: robô, controle computacional, fonte de soldagem, equipamentos e acessórios para soldagem. A tabela 2, abaixo, mostra considerações importantes que devem ser levadas em conta na hora de escolher o robô correto para determinada aplicação.

Tabela 2 – Componentes básicos de um sistema para soldagem robotizada.

Componentes básicos	Considerações
Robô	Grau de liberdade, envelope de trabalho (faixa), fonte de energia, repetitividade, velocidade, capacidade de carga, tipo de acionadores.
Controle computacional	Técnica de programação, sistema de feedback de controle, tamanho da memória e do arquivo de backup, armazenamento do programa, interfaces, softwares especiais de soldagem.
Fonte de energia para soldagem	Ciclo de trabalho (usualmente 100% é desejável), interface com controles do robô, precisão (corrige pequenas flutuações da tensão do arco) e capacidade de constantemente iniciar o arco elétrico.
Equipamentos e acessórios para soldagem a arco	Tipo de alimentador, tipo de controle, interface com o controle do robô, tocha de soldagem, cabos, ferramentas de alinhamento, sensores, sistema de segurança.

**Fonte:** Adaptado de Romano (2002).

Conforme abordado por Romano (2002), a escolha de um robô de solda está relacionada à precisão de posicionamento do robô, à sua capacidade de carga, velocidade de deslocamento e dos componentes que fornecem energia para

abertura e manutenção do arco elétrico, geralmente com 6 graus de liberdade tem-se demonstrado os mais versáteis.

Romano (2002), diz que fatores como segurança e sensoriamento do robô também tem relevância no momento da escolha de sistema robotizado.

### 3. METODOLOGIA

O conhecimento é o processo pelo qual as pessoas deduzem, assimilam e depois expressam o que foi analisado, mostrando suas conclusões sobre o objeto de estudo, tendo a pesquisa como a atividade predominante na metodologia. Assim, de acordo com Deslandes (1996), metodologia é uma parte complexa e deve requerer maior cuidado do pesquisador. Mais que uma descrição formal dos métodos e técnicas a serem utilizados, indica as opções e a leitura operacional que o pesquisador fez do quadro teórico.

#### 3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

A partir da necessidade, de uma proposta de layout para implementar uma célula de solda automatizada, em uma empresa de agronegócio do Rio Grande do Sul, resultou na pesquisa sobre a filosofia “As Sete Perdas” e fluxo de materiais.

Diante desta proposta houve a necessidade explorar os processos de fabricação, os modelos de layout e a demanda da empresa, para propor alterações no ambiente fabril que atenda a resultados positivos, tanto da empresa quanto do acadêmico.

Neste propósito, o objetivo principal é a implementação de layout com grande utilização do recurso de solda automatizada observando a limitação da área e por fim diminuindo os fluxos de materiais.

Para a realização do trabalho proposto, optou-se pela pesquisa-ação, considerando que ela é caracterizada como uma pesquisa social, onde o pesquisador e a equipe cooperam e participam na resolução do problema (THIOLLENT, 2005).

Nesse mesmo contexto, tem-se o objetivo de através da metodologia selecionada, formular informações, conhecimentos e propostas para estudos futuros, além de executar a pesquisa documental através da coleta de dados, atividades de observação, reuniões e, com base nas mesmas, formular conceitos entre pesquisador e equipe (THIOLLENT, 1997).

Thiollent (1997), afirma que mesmo que o projeto de pesquisa-ação não se apresente em uma forma pré-definida, é caracterizado pela existência de, no mínimo, quatro fases, sendo elas descritas e caracterizadas, conforme quadro 2.

Quadro 2 – Etapas do processo de pesquisa-ação

Fases da pesquisa-ação	Pressupostos da pesquisa-ação
Exploratória	Pesquisadores e membros da organização, na situação em estudo, começam a identificar os problemas, as potenciais causas e as possíveis de ações.
Pesquisa aprofundada	É considerada a fase mais longa, onde são determinadas as possíveis ações para se conduzir a investigação, executando a coleta de dados, que são discutidos e analisados.
Ação	Consiste, com base nas análises feitas anteriormente, em expandir os resultados, definir objetivos alcançáveis através de ações concretas e apresentar propostas que poderão ser discutidas e avaliadas entre as partes envolvidas.
Avaliação	Tem por objetivos observar e redirecionar o que acontece na prática, além de retomar ao conhecimento produzido ao longo do processo de pesquisa-ação.

**Fonte:** Adaptado de Thiollent (1997)

A pesquisa foi realizada pelo pesquisador, em conjunto com engenheiros de manufatura, supervisor e colaboradores da produção da empresa pesquisada.

Com base no Quadro 2, para atender os objetivos da pesquisa, foram adotados os seguintes procedimentos:

- Exploratória: para conhecer as particularidades da situação atual, foram realizadas reuniões com a equipe de engenharia de manufatura, supervisor de produção e colaboradores, para identificar e compreender os processos e fluxo de materiais;
- Pesquisa aprofundada: foi construído o fluxograma do processo atual de solda com identificação das atividades, coleta de dados sobre o tempo efetivo de montagem, solda e transporte, identificação dos modelos que serão impactados pela melhoria (escopo), definição da proposta de melhoria e do cronograma de implementações para as melhorias;
- Ação: foram realizadas as ações de alteração no layout de acordo definição do escopo e do cronograma. Essas mudanças foram desenvolvidas através de tarefas controladas sistemicamente, garantindo assim que todas as áreas foram envolvidas, tais como engenharias de manufatura, supervisão de produção, técnicos de segurança e departamento de manutenção a fim de concluir as suas atividades para implementação da melhoria na área produtiva, essa etapa contemplou todas as atividades de adequação dos

processos das células de solda e montagem para implementar a melhoria proposta no layout;

- Avaliação: os resultados foram verificados através de mensuração do tempo efetivo de montagem, solda e transporte após a melhoria implementada, bem como adequação da área para cada célula, elaboração de um novo fluxograma do processo.

O presente trabalho se caracteriza como pesquisa-ação, uma vez que o pesquisador participará de todas as fases da pesquisa, tanto na sua elaboração como no desenvolvimento das etapas de implantação da solução do problema levantado, o que oportunizará junto à empresa uma melhoria no seu ambiente de trabalho da célula em questão e para o acadêmico o aperfeiçoamento dos conhecimentos aplicados.

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

Neste capítulo, será apresentado as análises dos resultados aplicados com base nos conceitos estudados na literatura e descrito o diagnóstico do arranjo físico atual, os desperdícios encontrados em relação as Sete Perdas. É apresentado o fluxograma setorial do arranjo físico atual e futuro considerando as novas instalações, a definição do tipo de processo e ao final são descritas as vantagens que podem ser obtidas com a proposta do novo layout. Melhorias essas, relacionadas ao processo de solda do conjunto denominado como tubo A e B e extensão do tubo A e B, porém, para que sejam efetuadas as alterações de layout é necessário analisar as áreas de montagem para viabilizar a implementação da célula de soldagem automatizada.

Na sequência, serão mostrados os resultados obtidos com a alteração do processo de soldagem dos conjuntos das extensões do tubo A e B, de solda por resistência para solda Mig/Mag automatizada e dos conjuntos dos tubos A e B do processo Mig/Mag convencional para a soldagem Mig/Mag automatizada.

Importante salientar que o presente estudo tem como objetivo disponibilizar área para implementar a célula de solda automatizada, de maneira que os fluxos dos materiais estejam alinhados com o Sistema Toyota de Produção e a filosofia “As Sete Perdas”, evitando os desperdícios, e desta forma, viabilizar instalação da célula de soldagem automatizada, decisão esta em acordo com as lideranças e alinhadas com objetivos e diretrizes corporativas.

### **1.1. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DO ARRANJO FÍSICO ATUAL**

Partindo deste cenário, observa-se que existe a possibilidade de adequar o arranjo físico capaz de comportar a implementação da célula de solda automatizada, sendo notável que para viabilizar este projeto se faz necessário a alteração do layout das áreas de solda e montagem dos conjuntos relacionados com o tubo A e B e a extensão do tubo A e B, desta forma, tem-se a otimização do espaço físico e maior proximidade da mão-de-obra com as atividades similares e dos materiais com o ponto de uso, oportunizando a redução das perdas em transporte, perdas em processamento, perdas em movimentos e perdas por produtos defeituosos.

#### 4.1.1 Caracterização da Área em Estudo e Recursos

Tendo como base da pesquisa-ação, a etapa exploratória onde se faz necessário conhecer as particularidades da situação atual. É dado início nas atividades no ambiente fabril, considerando suas variáveis de processo, fluxo de materiais e áreas disponíveis para que desta forma seja possível elaborar um novo layout.

A área a ser estudada faz parte de um dos módulos do produto final de uma colheitadeira de grãos, módulo este denominado como conjunto tubo de descarga responsável por efetuar o transporte do grão do tanque graneleiro até seu destino, podendo este ser caminhão ou carreta. Estes produtos possuem diferentes configurações e modelos, porém, este estudo tem foco nos modelos considerados de maior impacto produtivo e no qual será alterado o processo de solda, e que envolve maior número de recursos (máquinas) e tempo (máquinas e pessoas) para ser produzido.

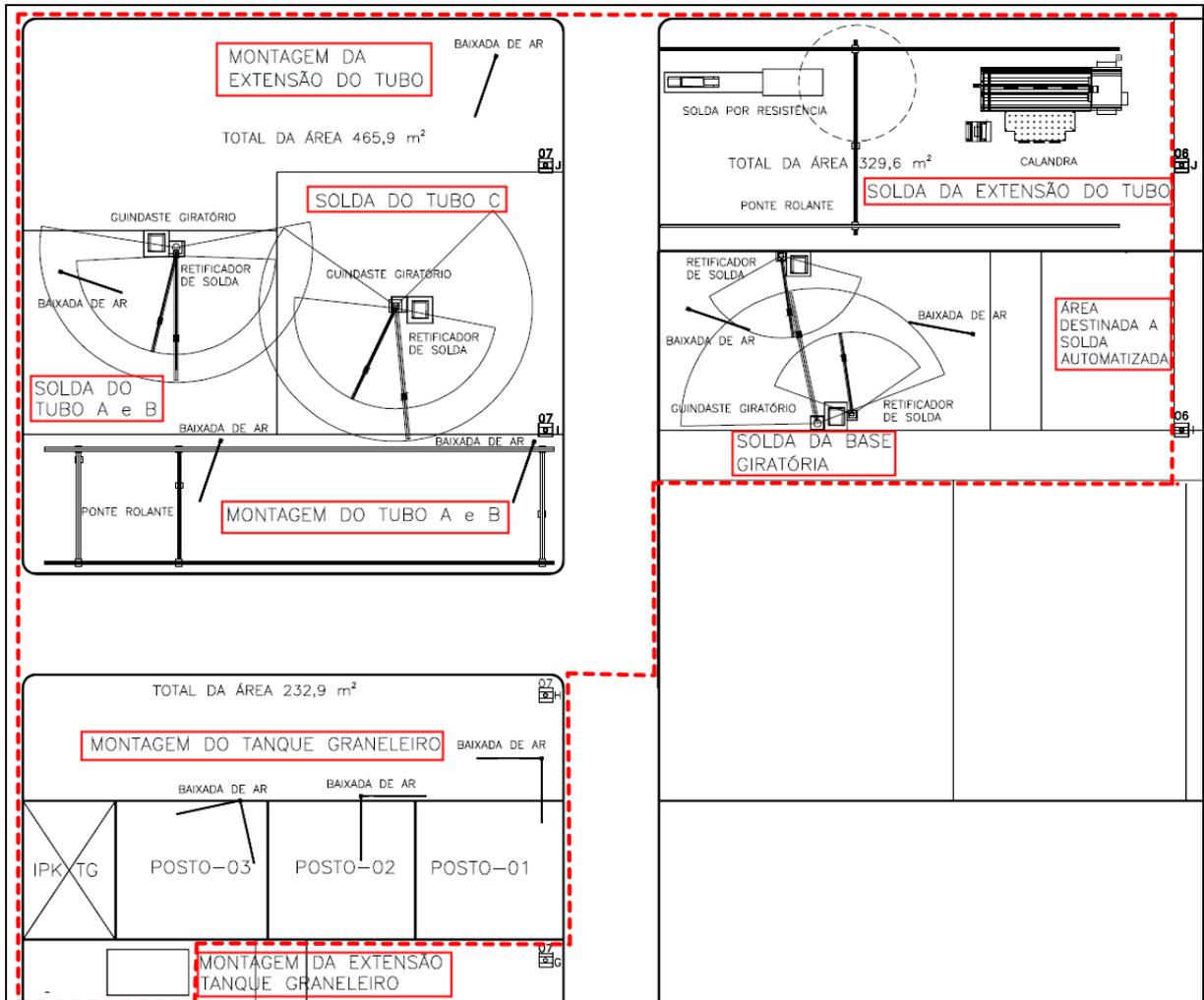
A área total em estudo é de 1028,4 m<sup>2</sup> não estando incluso os corredores, área esta necessária para alocação dos equipamentos, carros de diferentes tamanhos e modelos, prateleiras necessárias para alocar as peças de pequeno porte, dispositivos de solda e montagem além de espaços necessários para transporte dos conjuntos e movimentação dos operadores.

Para identificação e organização da empresa, a mesma define as nomenclaturas das áreas como:

- Calandra da Extensão do Tubo;
- Solda por Resistência da Extensão do Tubo;
- Montagem da Extensão do Tubo;
- Solda Mig/Mag do Tubo C;
- Solda Mig/Mag do A e B;
- Montagem do Tubo A e B;
- Solda Mig/Mag da Base Giratória;
- Montagem do Tanque Graneleiro;

Na figura 8, temos o layout com a localização (demarcado em vermelho) e descrição de cada módulo de solda e montagem necessárias para formar o conjunto do tanque graneleiro.

Figura 8 – Layout atual da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Para que os produtos possam ser fabricados de acordo com a demanda atendendo ao mix de produção, são necessários os seguintes recursos de máquinas e equipamentos em cada área, conforme segue:

Calandra é constituída por um conjunto de rolos ou cilindros, com movimento giratório e pressão regulável. O material a ser processado é colocado entre rolos com pressão predeterminada que giram dando forma cilíndrica à chapa, de acordo com as dimensões desejadas, conforme figura 9, sendo um equipamento na célula.

Figura 9 – Calandra de tubos



**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Solda por Resistência é um processo em que as chapas são unidas por meio de um ou mais pontos, sobre os quais são aplicados calor e pressão. Estes geram resistência a uma corrente elétrica que passa por uma pequena seção por meio de eletrodos de cobre durante um curto período de tempo. Para efetuar a solda a empresa utiliza equipamento conforme figura 10, sendo um equipamento na célula.

Figura 10 – Equipamento de solda por resistência



**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Solda Mig/Mag é um processo de soldagem por arco elétrico que utiliza gás inerte ou gás ativo para proteger a poça de fusão contra os gases da atmosfera. Processo utilizado para unir peças metálicas pelo aquecimento e pela fusão delas a

partir de um arco elétrico estabelecido entre o eletrodo e a peça. Para efetuar a solda a empresa utiliza fontes de solda Lincoln conforme figura 11, a empresa em estudo possui dois equipamentos para solda do tubo A e B, um para solda da extensão A e B, dois para solda da base giratória.

Figura 11 – Retificador de solda Mig/Mag



**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Guindaste giratório são equipamentos para efetuar o içamento e transporte de componentes e conjuntos com peso próximo ou acima de 20 Kg e de perfil de difícil manuseio ao operador, conforme figura 12, nas áreas estudadas a empresa possui dois equipamentos.

Figura 12 – Guindaste giratório



**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Ponte rolante é equipamento com as mesmas finalidades do guindaste giratório, porém com maior cobertura de área, proporcionando maior aplicação e este pode ser motorizado se assim necessitar, conforme figura13, tendo a empresa um equipamento disponível na célula de calandra e solda por resistência.

Figura 13 – Ponte rolante



**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Além dos equipamentos acima citados, faz-se o uso de várias ferramentas de menor porte como chaves de boca, alicates, punção e parafusadeiras pneumáticas.

As áreas mencionadas no quadro 3, são divididas com os carros sequenciados, carros KIT, carros base, prateleiras e dispositivos de solda e montagem.

Carros sequenciados, assim denominados por iniciarem o circuito em determinada máquina e depois de concluído o item é disponibilizado ao ponto de uso.

Os carros KIT, assim denominados por terem um circuito no almoxarifado e as peças serem carregadas conforme necessidade e depois disponibilizadas no ponto de uso.

Também tem modelo de carro base, pois este tem como finalidade o pagamento de único componente, geralmente de grande dimensão. Já para peças com alto consumo e de pequenas dimensões, utiliza-se carros tilt rack assim denominados, pois tem como característica dois níveis, um independente do outro.

Outra forma de disponibilizar peças no ponto de uso, geralmente de pequenas dimensões e peso, é as prateleiras com embalagens acionadas via cartão Kanban.

No quadro 3, pode-se identificar as respectivas quantidades de cada carros de transporte, prateleiras e dispositivos de solda e montagem, máquinas e as respectivas áreas necessária para cada processo.

Quadro 3 – Área por processo X recursos

Descrição da Área	Carros	Prateleira	Dispositivo	Máquinas	Área / m <sup>2</sup>
Solda Extensão do Tubo	3	0	1	2	186,10
Montagem Extensão do Tubo	6	0	1	0	151,80
Solda Tubo A e B	5	1	3	2	80,40
Solda Tubo C	4	1	3	1	116,80
Montagem Tubo	9	0	4	0	117,2,
Solda Base Giratória	9	1	7	2	92,3
Montagem Tanque Granelero	3	3	0	0	232,9

**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Neste item, importante é conhecer o processo de como as peças são disponibilizadas no ponto de uso, sendo esta fundamental para dimensionar a área de cada célula.

Para a instalação da célula de solda automatizada, a empresa dispõe de área com 51m<sup>2</sup>, que após a definição da tecnologia a ser utilizada, percebe-se que é insuficiente, sendo que o necessário é de 63 m<sup>2</sup>. Diante desta situação justifica-se o presente estudo.

#### 4.1.2 Fluxograma de Processo x Produto e Recursos

Neste capítulo será apresentado o fluxograma dos processos, etapa essa da pesquisa-ação aprofundada, sendo possível identificar os fluxos dos materiais entre as células de solda, pois desta forma será possível compreender e consolidar a proposta do layout para viabilizando a implementação e maior utilização da solda automatizada. Compreender os processos necessários para fabricar cada conjunto, podendo este ser o processo de calandragem, solda por resistência, solda Mig/Mag e a montagem.

Para identificar as relações das áreas, conjuntos e colaboradores no processo em estudo, no quadro 4, temos o diagrama de relacionamento que permite analisar o ambiente fabril, com visão geral da área estudada. A classificação se dá em

função das letras A – como fundamental estar próximo, E – como especialmente importante estar próximo, I – importante estar próximo, O – desejável estar próximo, U – não precisa estar próximo e X – como indesejável que esteja próximo. Desta forma, identificamos que a calandra, solda por resistência e solda Mig/Mag do tubo de descarga C devem estar próximos, pois compartilham de recursos como mão-de-obra e desta forma gera poucas perdas em movimentação, transporte e estoque.

Outro conjunto que tem relação de proximidade com a calandra e solda por resistência é o conjunto da base giratória, pois nesta célula de solda são produzidos dois pré-conjuntos que fazem parte do conjunto extensão do tubo A e B.

Para a fabricação do tubo A e B, é importante estar próximo às células de solda e montagem, pois desta forma as perdas em transporte serão mínimas, porém não compartilham de recursos como mão-de-obra e equipamentos. Em relação a montagem dos conjuntos do tubo A e B é fundamental que estejam próximos da montagem do tanque graneleiro pois compartilham do mesmo recurso de mão de obra e a sequência de montagem.

Quadro 4 – Diagrama de Relacionamento entre as áreas

Calandra							
A	Solda por Resistência - Extensão do Tubo						
E	A	Solda Mig-Mag - Extensão do Tubo e Tubo C					
O	E	A	Montagem da Extensão e do Tubo C				
U	U	I	U	Solda Mig-Mag - Tubo A e B			
A	A	U	U	U	Solda Mig-Mag - Base Giratória		
U	U	U	U	I	I	Montagem do Tubo A e B	
U	U	U	U	U	I	A	Montagem do Tanque Graneleiro

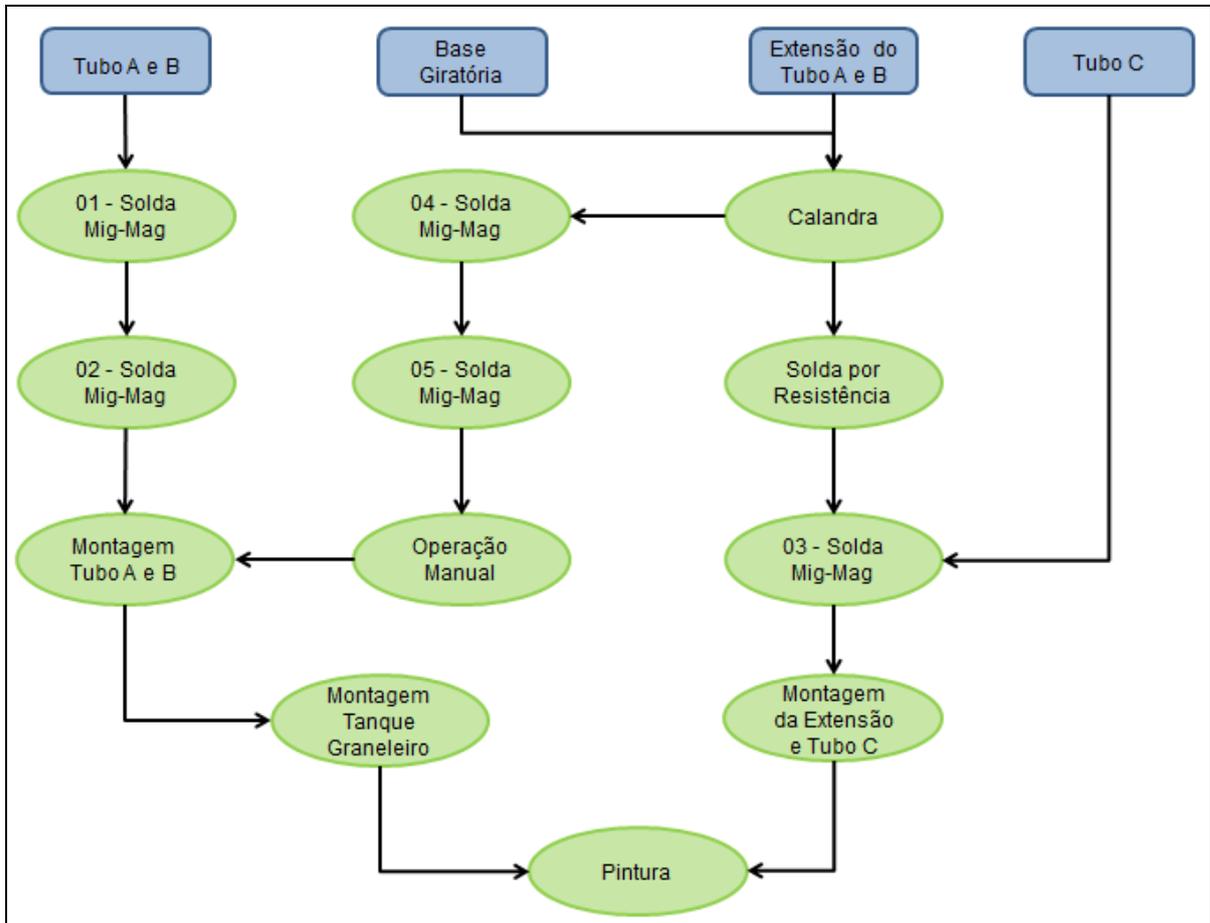
**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

A partir da análise do diagrama de relacionamento e para melhor compreender os processos é importante a elaboração do fluxograma de processo, pois o que acontece na empresa pode ser considerado uma transformação.

Desta forma faz-se necessário desenvolver o fluxograma de processo versus produto para a área estudada. Neste podemos identificar a sequência das tarefas e os recursos necessários para fabricar cada produto, facilitando a análise, conforme figura 14.

Esta análise é importante, pois das informações contidas no fluxograma dos sistemas produtivos nos possibilita identificar as oportunidades de melhorias e eficiência dos processos e assim de forma concreta às implementar.

Figura 14 – Fluxograma de processo X produto atual



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2014)

Com o fluxograma de processo versus produto elaborado, se faz necessário o levantamento das tarefas necessárias para produzir cada conjunto, que será apresentado nos Quadros a seguir.

Para identificar de forma rápida e com boa visualização, se utilizou os símbolos gráficos e desta forma foi elaborado as cartas de processo sendo possível identificar as atividades, recursos e tempo necessário para cada produto. No quadro 5, menciona as atividades do processo da extensão do tubo A.

Quadro 5 – Carta de processo da extensão do tubo A

Nº Tarefa	Descrição da Tarefa	Símbolo	Tempo / min
1	Posicionar peças na calandra	○	3,876
2	Calandrar tubo da Extensão	○	0,255
3	Transportar até IPK com talha	⇒	1,091
4	Aguardar próxima operação no IPK	⊔	1,500
5	Transportar do IPK até solda por resistência com talha	⇒	1,500
6	Pontear tubo	○	7,346
7	Pontear tubo como reforço	○	2,292
8	Transportar conjunto até carro com talha	⇒	1,456
9	Movimentar carro até posto da montagem	⇒	0,475
10	Aguardar próxima operação	⊔	2,000
11	Soldar Mig-Mag - presilhas no conjunto	○	1,764
12	Efetuar inspeção visual em 100% dos itens	□	1,500
13	Transportar conjunto até dispositivo de montagem com talha	⇒	0,569
14	Montar componentes da Extensão do Tubo A	○	6,801
15	Transportar conjunto até carro de pintura com talha	⇒	1,930

**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Da mesma forma o quadro 6, relaciona as atividades necessárias para fabricar o conjunto da extensão do tubo B.

Quadro 6 – Carta de processo da extensão do tubo B

Nº Tarefa	Descrição da Tarefa	Símbolo	Tempo / min
1	Posicionar peças na calandra	○	3,876
2	Calandrar tubo da Extensão	○	0,255
3	Transportar até IPK com talha	⇒	1,091
4	Aguardar próxima operação no IPK	⊔	1,500
5	Transportar do IPK até solda por resistência com talha	⇒	1,500
6	Pontear tubo	○	2,854
7	Pontear tubo como reforços	○	5,589
8	Transportar conjunto até carro com talha	⇒	1,456
9	Movimentar carro até posto da montagem	⇒	0,475

10	Aguardar próxima operação	□	2,000
11	Soldar Mig-Mag os componentes no conjunto	○	2,555
12	Efetuar inspeção visual em 100% dos itens	□	1,500
13	Transportar conjunto até dispositivo de montagem com talha	⇒	0,569
14	Montar componentes na Extensão do Tubo B	○	6,801
15	Transportar conjunto até carro de pintura com talha	⇒	1,930

**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

No quadro 7, esta relacionadas as atividades necessárias para produzir o conjunto do tubo A.

Quadro 7 – Carta de processo do tubo A

Nº Tarefa	Descrição da Tarefa	Símbolo	Tempo / min
1	Transportar peças do carro até dispositivo de solda	⇒	0,840
2	Fixar as peças no dispositivo	○	4,724
3	Soldar Mig-Mag os componentes no conjunto	○	21,320
4	Abrir grampos do dispositivo	○	1,620
5	Efetuar inspeção visual em 100% dos itens	□	0,823
6	Transportar peça do dispositivo até carro de montagem com talha	⇒	2,063

**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Da mesma forma no quadro 8, estão relacionadas as atividades necessárias para fabricar o conjunto do tubo B.

Quadro 8 – Carta de processo do tubo B

Nº Tarefa	Descrição da Tarefa	Símbolo	Tempo / min
1	Transportar peças do carro até dispositivo de solda	⇒	0,498
2	Montar componentes e pré-soldar cabeceira	○	8,208
3	Fixar as peças no dispositivo - utilizar parafusadeira	○	2,215
4	Soldar Mig-Mag os componentes no conjunto	○	26,690
5	Abrir grampos do dispositivo	○	2,681
6	Efetuar inspeção visual em 100% dos itens	□	1,500
7	Transportar peça do dispositivo até carro de montagem com talha	⇒	1,028

**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Importante observar que os demais produtos envolvidos na alteração de layout não foram mencionados, pois não sofrerão alterações no processo e somente alteração no arranjo físico.

Com as tarefas mapeadas e seus respectivos tempos, podemos assim identificar a relação entre os processos e utilizando-se dos conceitos da filosofia “As Sete Perdas”, que possibilita identificar os tempos de operação para cada produto, os transportes dos conjuntos e a forma como são executados, onde tem espera entre uma atividade e outra, a necessidade de inspeção dos conjuntos para que estejam conforme definições de projeto e onde ficam armazenados os produtos concluídos.

Na Tabela 3, está representado em porcentagem cada uma das perdas no processo dos respectivos conjuntos identificando quais as atividades que representam a maior perda no processo.

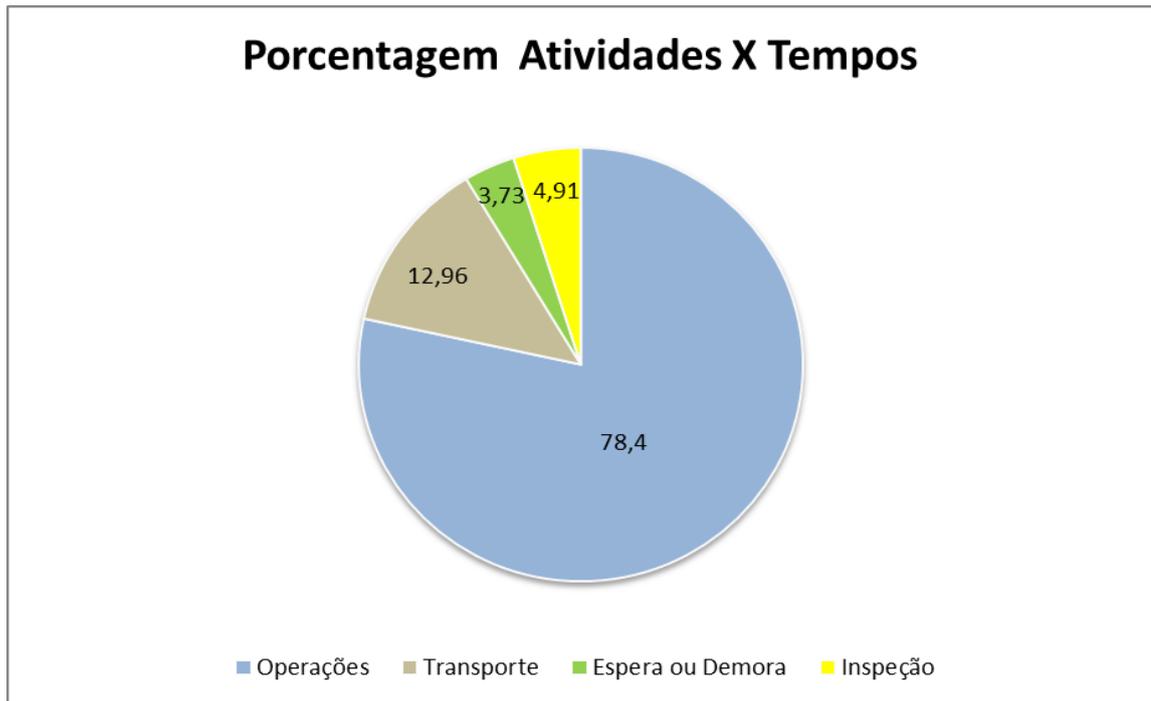
Tabela 3 – Representa os percentuais de cada tarefa

Tarefas		○	⇒	D	□	▽	Tarefas
Itens	Quantidade	19	16	4	4	0	43
	%	44,20	37,20	9,30	9,30	0	100
Tempos	Valor	111,72	18,47	5,323	7,00	0	142,52
	%	78,40	12,96	3,73	4,91	0	100

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2014).

Na figura 15, pode-se verificar as porcentagens versus tempos das atividades. Desta forma identificamos que o processo esta com poucas perdas em movimentação, pois representa 12,96% do tempo para os conjuntos acima abordados e o percentual utilizado em atividades produtivas representam 78,40% do tempo necessário para fabricar os produtos.

Figura 15 – Porcentagem das atividades X tempos



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2014).

Para fabricar os conjuntos é necessário executar 43 tarefas, destas, 19 estão relacionadas às atividades produtivas que realmente agregam valor ao produto como calandragem, solda por resistência, solda Mig/Mag e montagem. Para atividade que não agregam valor, mas que são fundamentais ao processo como transporte e movimentação de produto e peças de uma estação para outra, somam 16 tarefas, há outras tarefas que não agregam valor como peças em espera e inspeção com 4 tarefas cada, mas a inspeção é necessária no processo de solda Mig/Mag onde o operador faz a inspeção visual em 100% dos itens, conforme critério de aceitação informado nos instruções de trabalho da empresa em estudo.

#### 4.1.3 Análise do Fluxo de Materiais na Situação Atual

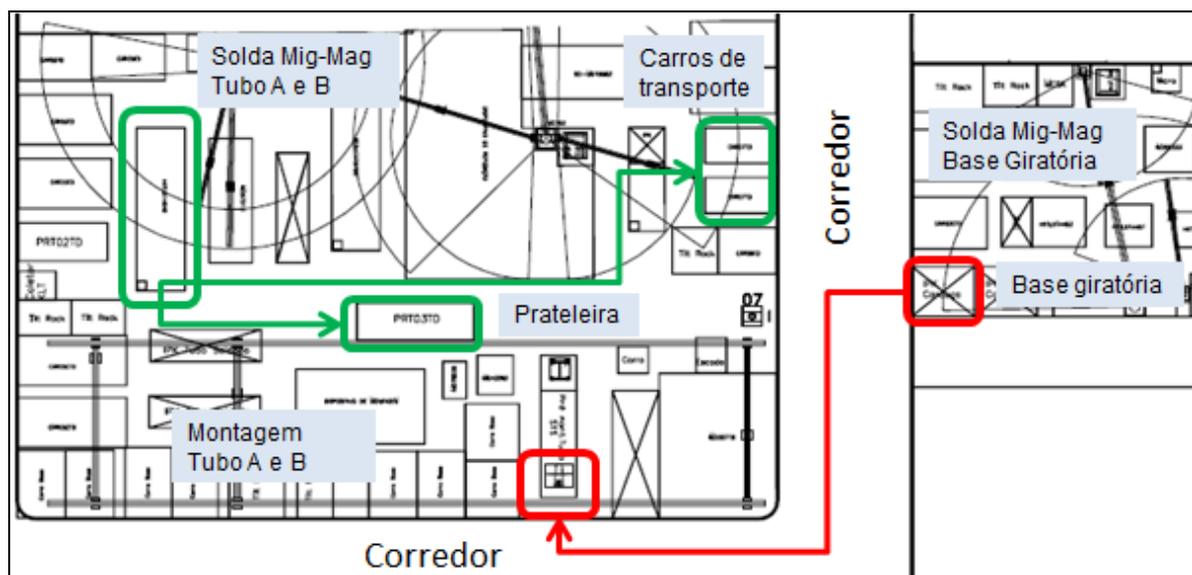
A seguir, serão apresentadas as análises referentes aos fluxos dos materiais identificando os locais onde geram perdas para da empresa em estudo, evidenciando o fluxo necessário para fabricar o tubo A e B no processo de solda automatizado, nas condições do layout atual, sendo este um dos objetivos do estudo.

Neste cenário, para efetuar a montagem do conjunto do tubo A e B no dispositivo de solda, o soldador necessita efetuar movimentação de aproximadamente 40 metros por conjunto soldado para agrupar os componentes, conforme figura 16, ilustra com linha na cor verde, o trajeto feito pelo soldador, e os retângulos na cor verde representam as áreas os locais de coleta e ponto de uso. Deslocamento esse, pode ser de aproximadamente 10 vezes ao dia, entre dispositivo de solda até carro sequenciado e prateleira.

Para o conjunto da base giratória, representado da figura 16 com linha e retângulo em vermelho, o soldador faz o transporte do conjunto com carro de transporte manualmente, da célula de solda até o ponto de uso na montagem é necessário deslocamento de aproximadamente 30 metros. Essa movimentação gera perda ao soldador. Pode essas movimentações serem necessárias por 10 vezes ao dia para o conjunto da base giratória podendo ocorrer variações de acordo com o mix de produção diária.

Na figura 16, as setas indicam o percurso efetuado pelo soldador para efetuar a coleta dos componentes para os conjuntos do tubo A e B, e o deslocamento da base giratória da solda até seu respectivo ponto de uso na montagem do tubo A e B, representando as perdas em movimentação na área de solda.

Figura 16 – Perdas em movimentação na solda

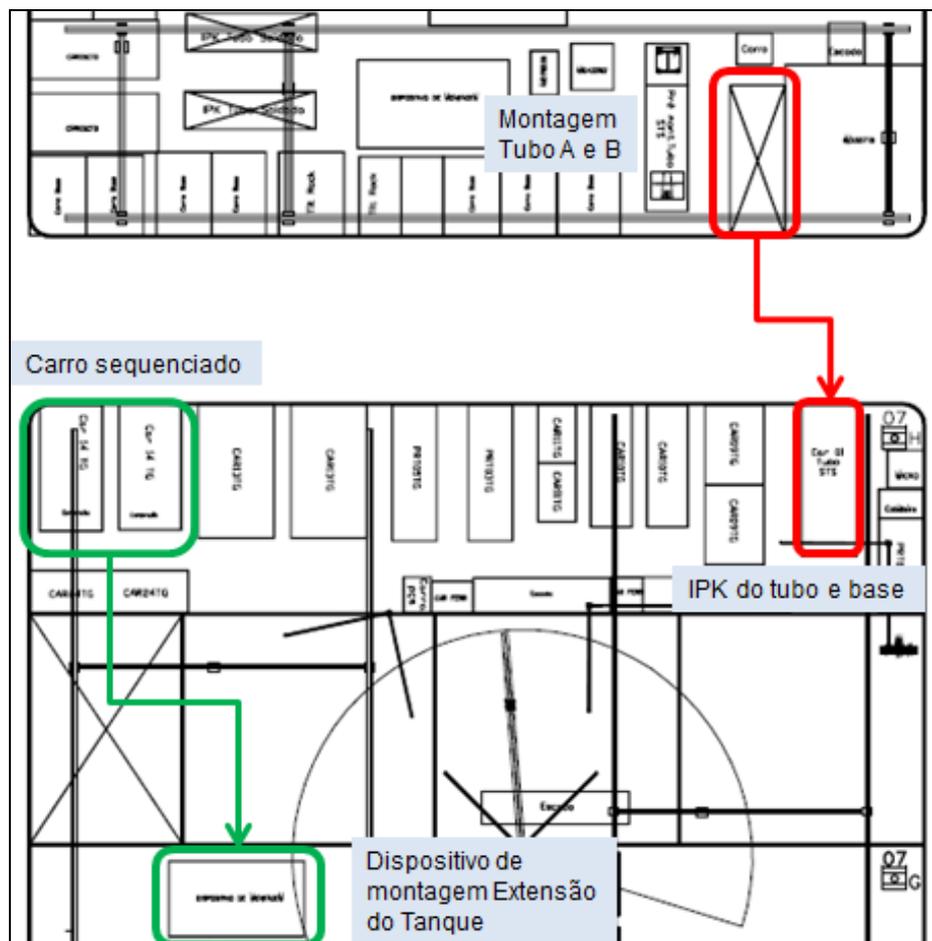


**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Na área de montagem temos perda por movimentação e transporte, pois para montar o conjunto da extensão do tanque graneleiro, representado na linha e retângulos, na cor verde, o montador se desloca por 15 metros para buscar determinados componentes sendo necessário 4 deslocamentos por conjunto num total de 60 metros. Dependendo do mix de produção para este modelo, pode ser montado até 4 conjuntos diários, na figura 17 esta representado o deslocamento.

Da mesma forma, para o conjunto do tubo descarregador, representado nas linhas e retângulos na cor vermelha, o montador movimenta o carro de transporte por 14 metros, com repetições de aproximadamente 10 vezes ao dia, podendo esta variar de acordo com o mix de produção diária. Na figura 17 temos a ilustração da área dos conjuntos e respectivos locais de coleta dos componentes e pontos de uso dos mesmos. Dessa forma, estão representadas as perdas na área de montagem, as setas ilustram a trajetória e ligação dos componentes até o ponto de uso.

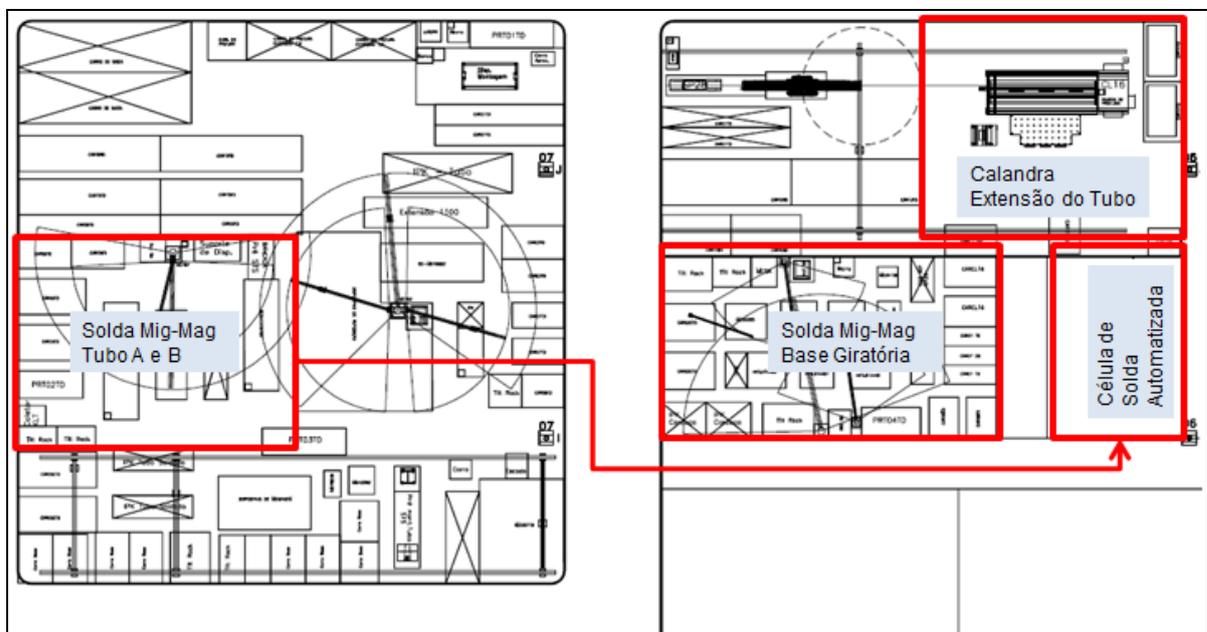
Figura 17 – Perdas em movimentação na montagem



Fonte: Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Outro fator, é a distância do local que será instalada a célula de solda automatizada e o local de soldagem do conjunto do tubo A e B, sendo esse com potencial de alterar o processo de solda Mig/Mag convencional para solda Mig/Mag automatizada, pois, o mesmo esta alocado no layout próximo a montagem do tubo, sendo necessário o transporte dos componentes à distância de 60 metros, indicado pela seta na cor vermelha, e os retângulos indicam o local de solda do tubo e a célula automatizada, o que gera perda por transporte e movimentação, conforme figura 18.

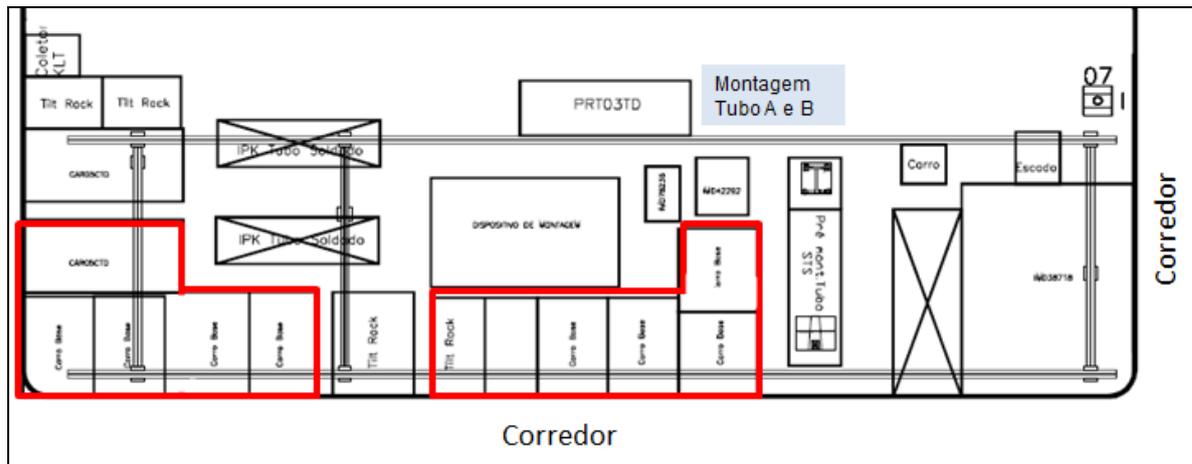
Figura 18 – Localização da célula de soldagem e transporte do tubo A e B



**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Durante a análise, evidenciou-se a falta de espaço entre os carros na montagem do tubo A e B, pois a área disponível não é suficiente para acomodar os 12 carros. Espaço mínimo entre carros e/ou embalagem deve ser de 350 milímetros, esta distância é requerida nas instruções de trabalho para elaboração de layout e definida pela empresa estudada, o que dificulta a retirada dos componentes. Na figura 19, esta representada a áreas e as embalagens que não atendem as recomendações da empresa estudada, oportunizando assim melhoria de layout. A área esta representada na cor vermelha e os carros nos retângulos na cor preta.

Figura 19 – Embalagem sem espaço adequado para retirada de componentes



Fonte: Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Em resumo desse item, esta representado no quadro 9, com oportunidade de redução da movimentação do operador no momento da coleta de peças e quando disponibilizado os conjuntos no ponto de uso. Na situação atual tem-se movimentação com tempo de 27 minutos. A partir dessa análise, percebe-se, que alterando o layout, aproximando os componentes e conjuntos do ponto de uso, podemos reduzir as perdas em movimentação e transporte.

Quadro 9 – Representas as perdas em movimentação

Produto	Descrição da atividade	Distância metros	Mix de Produção	Tempo padrão minutos	Tempo total minutos
Tubo A e B	Movimentação do operador para coleta de peças	40	10	0,025	10
Base giratória	Movimentação para disponibilizar o conjunto no ponto de uso	30	10	0,025	7,5
Conjunto do tubo	Movimentação para disponibilizar o conjunto no ponto de uso	14	10	0,025	3,5
Extensão do tanque	Movimentação do operador para coleta de peças	60	4	0,025	6

Fonte: Elaborado pelo autor baseado nas informações da empresa (2014).

#### 4.2 PROPOSTA DO NOVO ARRANJO FÍSICO E FLUXO DE MATERIAIS

Posterior à análise do layout, dos recursos e do fluxo de materiais, e estes, alinhados com o objetivo corporativo, em implementar uma célula de solda automatizada para solda do conjunto da extensão do tubo para os modelos A e B,

conjunto este que terá alteração no conceito de soldagem, de solda por resistência para solda Mig/Mag.

Com a implementação da célula de solda automatizada permite a soldagem de parte do conjunto do tubo A e B, porém se faz necessário a alteração de layout, e dessa forma alcançar o objetivo proposto no presente estudo.

Todas as ideias e considerações sobre as possibilidades de melhorias do processo atual e do futuro, formam observadas, discutidas e adicionadas ao projeto. Considerações estas levantadas pelos colaboradores diretos (soldadores e montadores) e dos indiretos (supervisor de produção e engenheiro de processo). Feito isso, definiram-se todas as atividades, a começar pela definição do tipo de processo predominante da empresa, que é descrito no próximo subtítulo.

Importante ressaltar que as implementações das melhorias no layout se limitam neste estudo. Iniciando na fase 1 até a fase 2 do projeto, sendo a fase 3 a ser implementada em etapa posterior e a conclusão deste trabalho, previsto para conclusão em novembro de 2014.

#### 4.2.1 Plano de Trabalho para Implementação das Melhorias

A partir deste propósito, e em acordo com a pesquisa-ação, será elaborado o plano de trabalho, formando um grupo multifuncional sendo identificadas as responsabilidades e elaborado o cronograma com as fases do projeto para a implementação da célula de soldagem automatizada, conforme representado no quadro 10, neste plano estão consideradas as atividades, a partir da definição da tecnologia à conclusão do projeto.

Quadro 10 – Plano de trabalho

Membro / Área	Descrição de Cargo	Descrição / Atividade	Prazo
Grupo Multifuncional	Engenheiros, Supervisor, Manutenção,	Definir tecnologia de solda	05/05/2014
Eng. de Processo	Engenheiro Técnico de Processo	Definir processo de solda por produto	30/05/2014
Eng. de Processo Fornecedor	Engenheiro Técnico de Processo	Definir conceito de célula Automatizada	20/06/2014
Eng. de Processo Fornecedor	Engenheiro Técnico de Processo	Definir conceito de dispositivos de solda	30/08/2014

Eng. de Processo	Engenheiro Técnico de Processo	Apresentação da proposta do layout	30/08/2014
Eng. de Processo Fornecedor	Engenheiro Técnico de Processo Fornecedor	Implementação das alterações do layout – Fase 01	20/09/2014
Eng. de Processo Fornecedor	Engenheiro Técnico de Processo Fornecedor	Implementação das alterações do layout – Fase 02	10/10/2014
Eng. de Processo Fornecedor	Engenheiro Técnico de Processo Fornecedor	Implementação das alterações do layout – Fase 03	30/10/2014

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2014).

Com o plano de trabalho elaborado e as responsabilidades definidas para cada membro da equipe, iniciaram-se as análises e estudo para viabilizar a implementação do projeto. Importante caracterizar as etapas, desde a definição da tecnologia a ser adquirida e os dispositivos, por consequência o fluxo de materiais e processos, que cada produto deve atravessar para que seja fabricado.

Tendo como limitação deste estudo e do pesquisador as três fases de implementação do layout, pois as demais tarefas foram previamente definidas e implementadas pela equipe de engenheiros, supervisão e gerencia das áreas envolvidas da empresa.

A partir destas informações têm-se a proposta e a definição das fases de implementação do layout conforme segue:

- Fase 1: alteração do layout na linha de montagem do conjunto do tubo;
- Fase 2: alteração das células de solda dos conjuntos do tubo A e B e da base giratória;
- Fase 3: instalação da célula de solda automatizada, nesta fase também será instalada uma ponte rolante na célula de solda dos conjuntos do tubo A e B;

Desta forma serão finalizadas as alterações do layout, sendo o próximo passo o treinamento dos operadores e análises dos resultados.

#### **4.2.2 Tipo de Processo da Empresa**

No caso da empresa em estudo, levando em consideração às características dos processos, os recursos existentes, a mesma tem seus processos desenvolvidos para produção puxada, ou seja, produz de acordo com a demanda do cliente com alta variação de produtos finais, visto a necessidade de flexibilidade de processo e autonomia dos trabalhadores em realizar as tarefas.

Atuando desta forma com arranjo físico do tipo celular, tendo pequenas linhas de produção, capaz de realizar a soldagem e montagem de seus conjuntos completos, sendo a verificação da qualidade final do produto, delegado ao próprio grupo de trabalho.

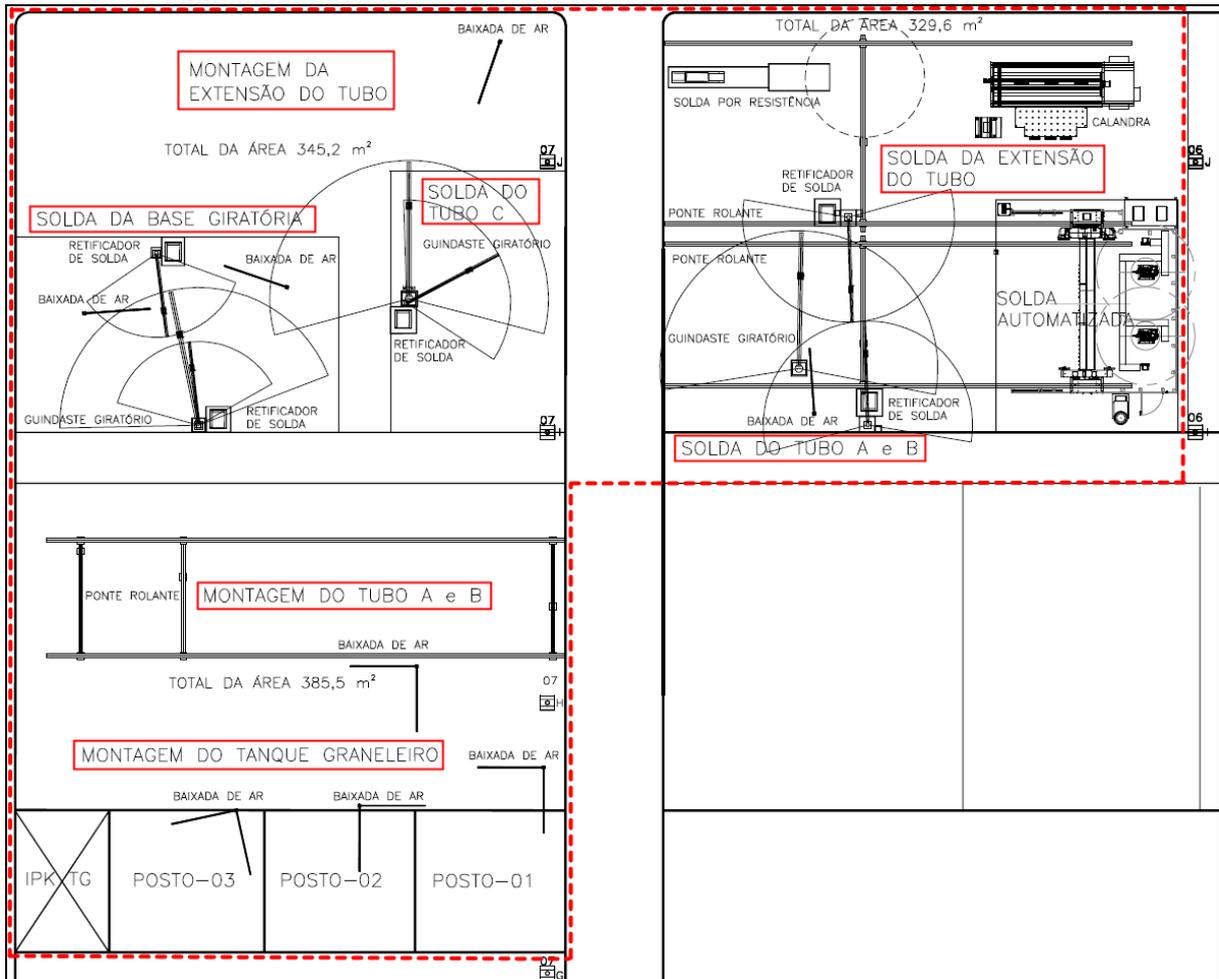
Com isso, a proposta de arranjo físico será norteadada pela definição do tipo do processo descrito, ou seja, considerando o processo de produção puxada, os recursos da manufatura e os espaços necessários. Obstante a isso, o ponto mais importante a considerar na proposta que será apresentada é a estratégia preponderante da empresa, que é a flexibilidade do local e de atividades. Nesse sentido a ocupação dos espaços, a adequação aos processos, e a questão dos conceitos de manufatura enxuta, serão introduzidos na proposta levando em conta esses aspectos.

#### **4.2.3 Proposta Documentada do Layout**

Tendo realizada a análise do processo, a definição do fluxo de materiais essenciais para o desenvolvimento de um arranjo físico, necessário para instalação de uma célula de soldagem automatizada que permita a utilização nos diferentes conjuntos. Elaborou-se uma proposta para a empresa estudada. Nesta, considerou-se os fluxos de materiais necessários, os recursos e a flexibilização de trabalhadores para que cada conjunto seja produzido, e, por fim, seguindo as diretrizes da empresa na instalação da célula de soldagem automatizada.

Na figura 20, mostra de que forma serão dispostas as áreas de todos os processos que formam os conjuntos do tanque graneleiro, de forma que possibilite verificar os fluxos de materiais dentro das células de solda e montagem, relacionando as atividades e interação entre as áreas envolvidas no estudo.

Figura 20 – Proposta de layout e fluxo de materiais



**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Com a proposta documentada, podemos verificar que os processos de calandragem, solda por resistência e Mig/Mag do tubo C, não sofreram alteração no arranjo físico. Da mesma forma o processo de montagem do tubo C e das extensões do tubo A e B não tiveram alteração de layout e processo.

Desta forma o conjunto da extensão do tubo A e B sofrerão alteração de processo, passando este a solda automatizada, conforme previsto o escopo do projeto definido pela empresa. Porém, para obter maior aproveitamento do processo de soldagem automatizada, se fez necessário realocar a célula de solda do tubo A e B com a base giratória, possibilitando assim que parte do conjunto do tubo A e B seja soldado no processo automatizado, alcançando assim o objetivo proposto por este estudo, em viabilizar a soldagem do tubo A e B no processo automatizado.

Outra alteração necessária foi, a realocação da montagem do tubo, sendo necessário diminuir o corredor e unindo as áreas de montagem do tubo com a área

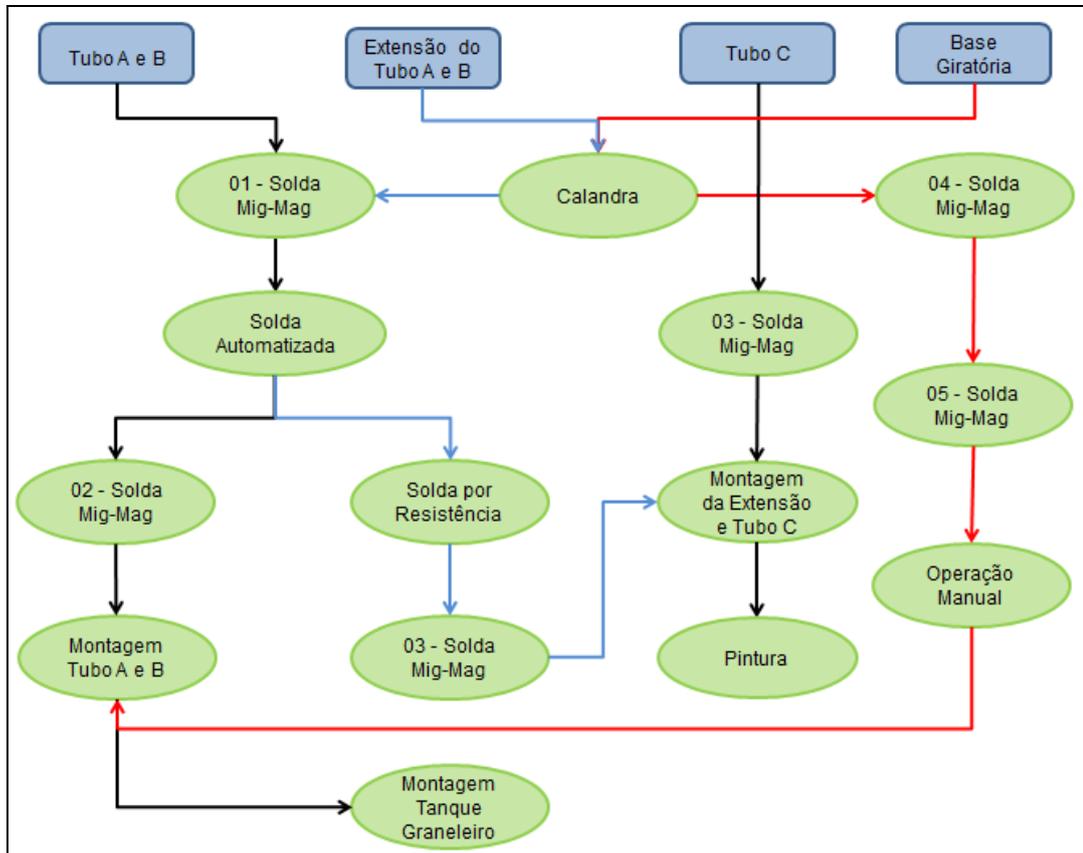
do tanque. Desta forma a empresa viabilizou-se a alteração de layout com a finalidade de alcançar os objetivos propostos.

#### 4.2.4 Fluxo do Processo com a Proposta do Novo Arranjo Físico

Posterior à elaboração da proposta, será apresentado o fluxograma dos produtos em seus respectivos processos, identificando o fluxo de materiais dentro das células de solda e montagem dos conjuntos relacionados no estudo, figura 21.

Na figura 21, temos o fluxograma proposto, visto que as soldas do tubo A e B passam a ser executadas no processo Mig/Mag automatizado, o que antes era na solda Mig/Mag convencional conforme quadros 7 e 8, sendo adicionado atividades na célula de solda do tubo que antes executadas na célula de solda da base giratória, onde os dois pré-conjuntos da extensão permanecem próximos a solda por resistência.

Figura 21 – Proposta de fluxograma de processo x produto



A extensão do tubo A e B passa a ser soldada parte do conjunto no processo automatizado no qual gerou o maior impacto no processo, pois conforme quadros 5 e 6, para efetuar o fechamento da extensão utiliza-se o processo de solda por resistência.

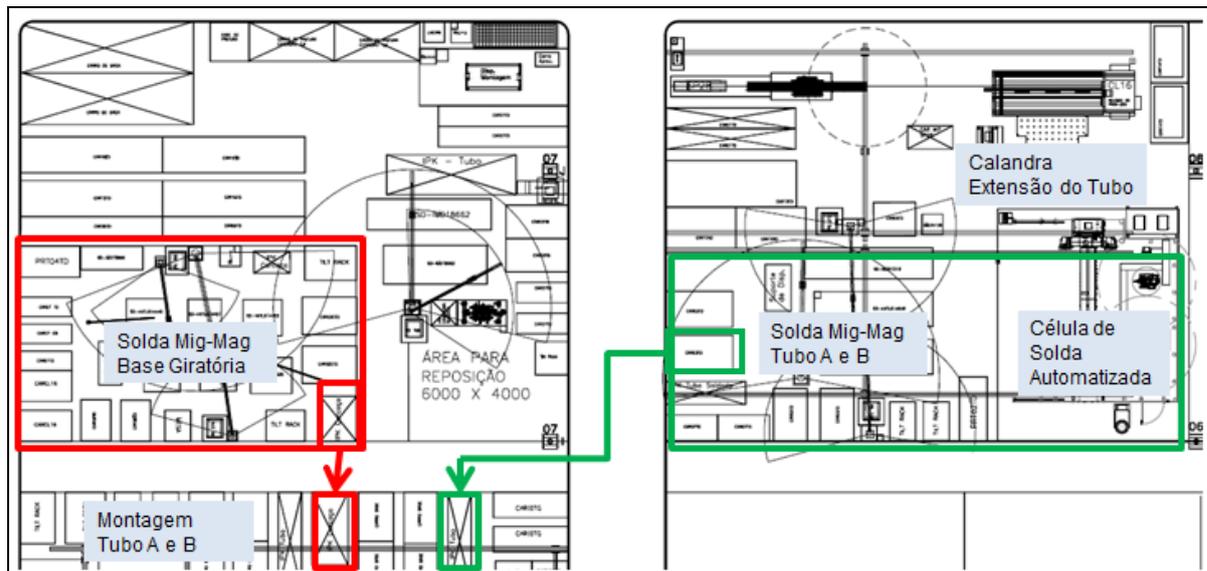
Com as alterações no processo de fabricação dos conjuntos do tubo A e B e da extensão do tubo A e B, conforme apresentado na figura 21, os produtos tiveram alterações também na localização, alterado dessa forma o pagamento ao processo subsequente.

#### **4.2.5 Movimentação e Transporte a partir das Alterações do Layout**

Nesta etapa serão representadas as alterações efetuadas no layout ressaltando os pontos fortes verificados durante a elaboração deste estudo. Primeiramente, a adequação do processo do tubo para os modelos A e B, que terá alteração no processo de fabricação de solda Mig/Mag para solda automatizada, para o qual foi alterada sua posição no layout, passando a estar próximo à calandra junto à célula de solda automatizada, diminuindo assim a movimentação dos componentes de 70 metros para aproximadamente 30 metros, porém, o conjunto será transportado até a linha de montagem por uma distância de 20 metros, representado na linha e retângulo na cor verde, figura 22.

Para o conjunto da base giratória por não ter relacionamento direto com a solda automatizada, foi realocada próximo a montagem do tubo diminuindo assim o transporte do conjunto de 30 metros para 6 metros, representado na linha e retângulo na cor vermelha, com significativa redução em movimentação, conforme ilustrado na figura 22.

Figura 22 – Movimentação do tubo e da base giratória



**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

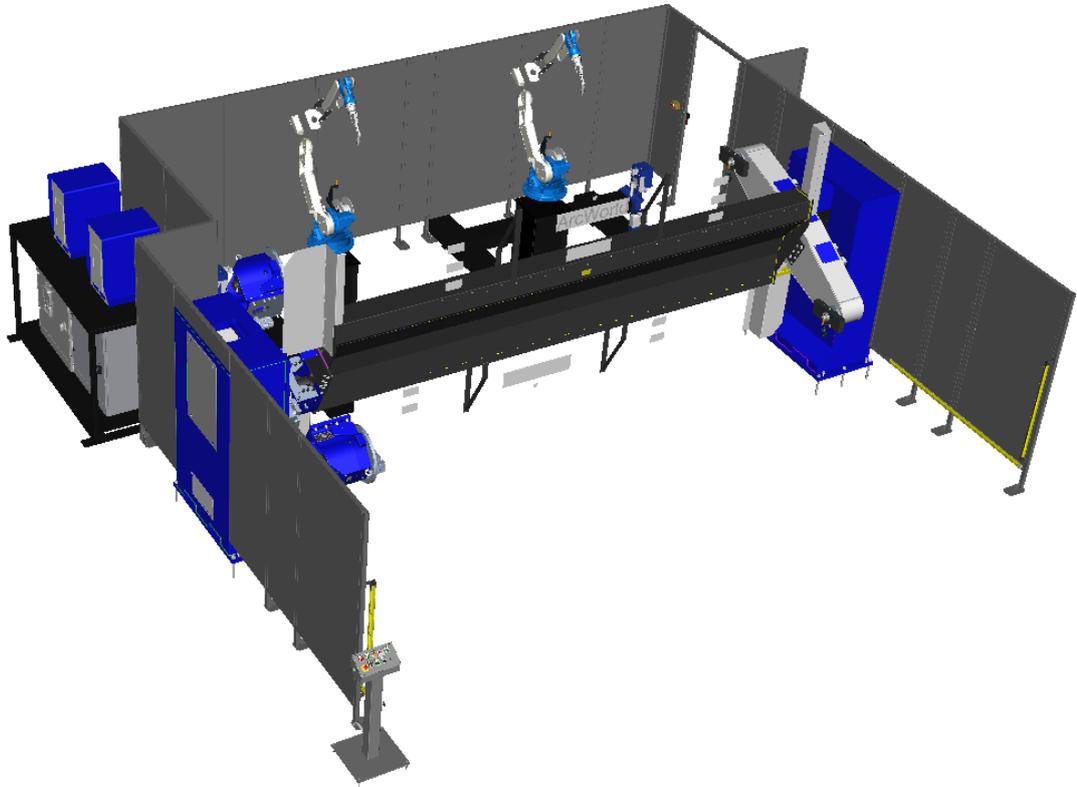
Outra situação onde se obteve bons resultados, é na movimentação dos componentes para montagem da extensão do tanque graneleiro, com diminuição de aproximadamente 50 metros em movimentação, representado na linha e retângulo na cor verde, figura 23.

Para alcançar tais condições, foi necessário à diminuição e realocação do corredor, desta forma possibilitou a aproximação da montagem do tubo A e B com a montagem do tanque graneleiro, diminuindo assim o transporte do conjunto tubo com base giratória de 14 metros para 6 metros, representado na linha e retângulo na cor vermelha, conforme ilustrado na figura 23.

Com a diminuição do corredor, também foi possível alocar os carros permitindo manter espaços de no mínimo 350 milímetros entre um carro e outro, representado nos pontilhados na cor azul, desta forma facilita a movimentação dos componentes e atende as recomendações da empresa quanto a distância entre embalagens, conforme figura 23.



Figura 24 – Célula de solda automatizada



**Fonte:** Elaborado pelo autor baseando-se nas informações da empresa (2014).

Célula essa, onde serão soldados os conjuntos do tubo A e B e a extensão do tubo A e B, como principal objetivo de aumentar a capacidade produtiva e flexibilização de produção, a fim de, oferecer maior qualidade nos produtos fabricados aos clientes.

Célula essa composta por dois robôs, duas fontes de soldagem Mig/Mag, posicionador para fixar os conjuntos, com capacidade de giro de 180°, permitindo que durante a soldagem o operador tenha condição de fazer a carga e descarga no outro lado, além do sistema de segurança.

#### 4.3 VANTAGENS A PARTIR DA IMPLEMENTAÇÃO DO LAYOUT

Após as implementações realizadas e as análises sobre o novo arranjo físico finalizadas, que culmina com a apresentação da proposta documentada, podem ser listadas as vantagens em movimentação, transporte e no tempo de fabricação dos conjuntos, conforme quadro 11.

Quadro 11 – Apresentação dos resultados

Área	Atividade	Tempo Situação atual	Tempo Situação proposta	Vantagens por conjunto
Solda do tubo A	Tempo de fabricação	21,32 minutos	12 minutos	Diminuiu 9,32 minutos
Solda do tubo B	Tempo de fabricação	26,4 minutos	23,5 minutos	Diminuiu 2,50 minutos
Solda da extensão A e B	Tempo de fabricação	7,34 minutos	3,41 minutos	Diminuiu 3,53 minutos
Solda do tubo A e B	Tempo em transporte e movimentação	2,58 minutos	1,28 minutos	Diminuiu 1,30 minutos
Solda da base giratória	Tempo em transporte e movimentação	0,45 segundos	0,9 segundos	Diminuiu 0,36 segundos
Montagem da extensão do tanque	Tempo em transporte e movimentação	1,53 minutos	0,25 segundos	Diminuiu 1,28 segundos
Montagem do tubo	Tempo em transporte e movimentação	0,35 segundos	0,15 segundos	Diminuiu 0,20 segundos

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2014).

Partindo da análise dos resultados apresentados no quadro 11, podemos resumir que para fabricar 8 módulos do tanque graneleiro teremos a redução de tempo de soldagem de 129,20 minutos diários, considerando os conjuntos do tubo A e B e as extensões do tubo A e B. Já em movimentação e transporte terá redução de 28,32 minutos diários considerando produção de 8 módulos diários. Com essas considerações, observa-se que os objetivos específicos de reduzir tempos em movimentação e transporte, foram alcançados nesse estudo.

Também no quadro 11, é possível verificar que, o objetivo principal do estudo foi alcançado, sendo possibilitar maior utilização do recurso de soldagem automatizada obtendo incremento de 9,32 minutos na solda do tubo A, e em 2,50 minutos de solda no tubo B.

Para atender ao proposto nesse estudo que é, disponibilizar área para instalar a célula de solda automatizada, o mesmo foi alcançado, sendo liberado 66,6 m<sup>2</sup> de área, sendo que dessa área, tem-se a necessidade de implementar o dispositivo para preparar das peças, que serão soldadas na célula automatizada, e esse tem necessidade de girar em seu próprio eixo a 180°.

Com a utilização de 21 m<sup>2</sup> de área do corredor, entre solda da base giratória e a montagem do tubo, foi possível aumentar os espaços entre os carros sequenciados, carros base e tilt rack facilitando assim a retirada dos componentes e aumentando a segurança dos operadores. A área de 14,06 m<sup>2</sup>, liberada na linha de montagem da

extensão do tanque graneleiro, foi disponibilizado para área de solda localizada ao lado da montagem do tanque graneleiro.

Importante ressaltar que os fatores ergonômicos foram analisados durante as alterações do layout, visto que foi instalada ponte rolante motorizada e assim diminuir o esforço do operador durante a movimentação dos conjuntos e componentes. Outro fator ergonômico levado em consideração para execução desse projeto, e os cordões a serem executados pelo soldador nos conjuntos, variam de 2156 mm a 4099 mm o que gera fadiga ao operador, passando este cordão a ser soldado com o processo automatizado.

As análises relacionadas a tempo de solda estão relacionadas com o conhecimento do pesquisador, visto que a empresa em estudo dispõe de outras células de solda automatizada onde é possível obter parâmetros de tempo de soldagem de acordo com as variáveis de processo como, cateto do cordão, parâmetros de soldagem que permitem aumentar ou diminuir a velocidade de solda e as variáveis nas juntas a serem soldadas.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com cenários mais competitivos as empresas aplicam esforços no sentido de melhorar e aperfeiçoar os processos, podendo estes ser de forma automatizada ou não, sendo cada vez mais necessários e desafiadores, essa necessidade faz com que as empresas busquem formas próprias de melhoria. A incessante demanda para a adequação dos processos a uma forma enxuta cresce a grandes proporções. Dessa forma para atingir este objetivo são necessárias várias ações, porém é imprescindível que os processos produtivos estejam alinhados e com poucas perdas em processamento, maior utilização de recursos dentro do ambiente fabril são cada vez mais importantes.

As melhorias propostas pelo grupo consistem em alterar o layout aproximando os conjuntos do tubo A e B e das extensões do tubo A e B para soldar no processo automatizado, diante da alteração de processo de soldagem em uma empresa do setor metal mecânico.

Nesse sentido, o objetivo geral deste trabalho em apresentar proposta de layout para implementar uma célula de solda automatizada e esta obter maior utilização dos recursos (máquina) e diminuir as perdas em transporte e movimentação, com base em Lean Manufacturing, foi atingido conforme item 4.2 da apresentação das análises do resultados, onde optou-se pelo modelo de layout celular baseado nos demais já existentes na empresa e atendendo ao modelo de variedade versus volume apresentado no item 2.3 da revisão da literatura.

Estudo de layout industrial, independente do ramo de atuação é cada vez mais uma necessidade que o mercado, de certa forma, impõe as empresas em buscar alternativas com processos enxutos. Isso gera necessidade de automação dos processos e assim proporcionar maior flexibilidade, maior qualidade nos produtos e com menores estoques entre os processos entre outros.

No desenvolvimento dessa pesquisa-ação foi analisado o layout atual, onde se diagnosticou desperdícios, o tipo de processo da empresa, os fluxos dos materiais, e diante disso, foi evidenciada a necessidade de alteração do layout atual. A definição correta de como será o processo, com o fluxo dos materiais e conjuntos de forma contínua e visual aumenta muito os ganhos na produção. Resultados obtidos, a partir da aproximação dos conjuntos e componentes do ponto de uso, relacionados no item 4.2 na apresentação das análises dos resultados baseando-se

nos conceitos abordados no item 2.2 relacionado a Sistema Toyota de Produção e a filosofia “As Sete Perdas”.

Posteriormente, elaborou-se uma proposta, adequando os processos onde foi possível, utilizando algumas ferramentas e metodologias da manufatura enxuta, definiu-se o novo fluxo dos materiais evidenciando as alterações no processo de solda dos conjuntos, e, por fim foi realizado a análise das vantagens a partir da filosofia “As Sete Perdas” e conceitos de automação nos processos de solda, abordado no item 4.3 resultados vantagens a partir da implementação do layout.

Esse estudo, realizado numa temática que tem muita relação com as áreas da engenharia de produção, de fato vem ao encontro da necessidade da qualificação prática do autor. Essa aplicação pode auxiliar e até mesmo nortear trabalhos similares para empresas que julgarem necessárias as mudanças para um novo arranjo físico, contemplando ferramentas da manufatura enxuta, como o diagrama de relacionamento entre setores, o desenvolvimento de fluxogramas de processo e a automação de processos de solda.

Portanto, o objetivo principal e os objetivos específicos foram atingidos neste trabalho, uma vez que foi disponibilizada área para instalação da célula de solda automatizada e assim, oportunizando a maior utilização do recurso (máquina). Da mesma forma os objetivos específicos foram alcançados, visto que, com a revisão da literatura foi possível identificar o modelo de layout e as perdas em movimentação e transporte, sendo assim por fim definido e implementado as melhorias no layout.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, V. J.; “**Desenvolvimento de Envelopes Operacionais para o processo MIG/MAG com diferentes gases de proteção**”, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 172 p, 2009.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos**: projeto e medida do trabalho. Trad. de S. L. O. Assis; J S. G. Azevedo e A. Pallotta. São Paulo: Edgar Blucher, 1997.
- BRAGA, W. L. M. **Uma contribuição para o estudo da informação no sistema de melhoria contínua**. Aplicação no processo de produção de componentes elétricos. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2003.
- CAMAROTTO, J. A.; MENEGON N. L. **Projeto de Unidades Produtivas: Apostila**. 2006. 126p. Departamento de Engenharia de Produção, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2006.
- CORRÊA, H.L.; CORRÊA, C.A. **Administração de produção e operações**. São Paulo: Ed. Atlas AS, 2006.
- DESLANDES, S. F. 1996. **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 1996.
- GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira, 2001.
- LAUGENI, F. P.; MARTINS, P. G. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 1999.
- LEI - Lean Enterprise Institute. **Léxico Lean**: Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean. Trad. De A. C.C. Maciel. São Paulo, 2003.
- MACHADO, I. G. **Soldagem & técnicas conexas: processos**. Porto Alegre: Machado, 1996. 477p.
- MESQUITA, M. 2001. **Competências para Melhoria Contínua da Produção**: estudo de caso em empresas da indústria de autopeças. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001.
- MOREIRA, D. M. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Trad. de C. Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PEINADO, J.; GRAEML, A. **Administração da Produção: Operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicemP, 2007.

SCHONBERGER, R.J. **Flexibilidade nos Sistemas de Produção**. Henrique L. Corrêa, Ph.D. World Class Manufacturing. The Free Press. New York, 1986. Disponível em:  
[http://www.correa.com.br/biblioteca/artigos/A18\\_RAE\\_FGV\\_Flexibilidade\\_estrutural.pdf](http://www.correa.com.br/biblioteca/artigos/A18_RAE_FGV_Flexibilidade_estrutural.pdf). Acesso em 03/05/2014.

SCHNEE, M., **“What to know before choosing a robotic welding system”**, Vol 72, p 49-51, Welding Journal, Miami, 1996.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**, “Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção”. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. São Paulo:Atlas, 2002.

SPENCER, R. **Quality matters: is your shop ready for robotic arc welding?** Robotics World,v. 19, i. 9, n. 4, p. 16, dec. 2001.

STEVENSON, Willian J. **Administração das operações de produção**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

ROMANO, V. F.; **“Robótica Industrial – Aplicação na indústria de manufatura e processos”**, Edgard Blücher, 1ª ed., 2002.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues, Priscila Martins Celeste. 5.ed. Rio de Janeiro: Editora Campus,1998.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

\_\_\_\_\_. **Metodologia da pesquisa-ação**. 14. ed. São Paulo: Cortez, 2005.