



Diorges Fernando Link

**BALANCEAMENTO DOS CENTROS DE TRABALHO PARA
OTIMIZAÇÃO DOS RECURSOS EM UMA CÉLULA DE SOLDAGEM**

Horizontina - RS

2018

Diorges Fernando Link

**BALANCEAMENTO DOS CENTROS DE TRABALHO PARA
OTIMIZAÇÃO DOS RECURSOS EM UMA CÉLULA DE SOLDAGEM**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção na Faculdade Horizontina, sob a orientação da Professora Ma. Eliane Garlet.

Horizontina - RS

2018

FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

**“Balanceamento dos centros de trabalho para otimização dos recursos em
uma célula de soldagem”**

Elaborada por:

Diorges Fernando Link

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

Aprovado em: 28/11/2018

Pela Comissão Examinadora



Mestra. Eliane Garlet

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



Mestre. Andre Rogerio Kinalski Bender

FAHOR – Faculdade Horizontina



Especialista. Valmir Vilson Beck

FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS

2018

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais Louvani e Ari Link, aos meus irmãos Djonathan e Jeferson, aos colegas de faculdade e de trabalho, em especial, a minha esposa Karin e ao meu filho Nicolas, a minha orientadora Eliane Garlet e ao coordenador do curso de Engenharia de Produção, Sirnei C. Kach.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde, força e foco para superar as dificuldades encontradas durante minha carreira acadêmica.

Agradeço a minha família que esteve comigo me apoiando, especialmente a minha esposa e ao meu filho, que sempre estiveram comigo em todos os momentos, me apoiando para dar o máximo para chegar aonde cheguei, de maneira íntegra e ética.

Agradeço à empresa, onde trabalho há 22 anos, que me oportunizou esta pesquisa-ação, bem como às pessoas que me auxiliaram na construção deste trabalho, principalmente ao meu coorientador Sandro Haezel.

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

(José de Alencar)

RESUMO

Para proporcionar a otimização dos processos com segurança e eficiência, as empresas estão buscando processos alinhados, tendo o mínimo de perdas e o máximo de qualidade e produtividade, pois precisam cada vez mais, estarem realizando melhorias nos processos para garantirem, as demandas de produção. Este trabalho teve como objetivo balancear os centros de trabalho de uma célula de soldagem de uma empresa do ramo metal mecânico, a fim de identificar seus principais problemas e propor melhorias. O trabalho se caracterizou como pesquisa-ação, com abordagem qualitativa de caráter exploratório, descritivo e explicativo. O trabalho partiu de conversas informais com supervisores e colaboradores, visitas à empresa com análises dos processos produtivos e coleta de dados. Diante disso, foram identificados os conjuntos fabricados em cada centro de trabalho, onde foram encontradas as perdas no processo e posteriormente, foram realizadas as alterações conforme estudos realizados. Todas essas atividades foram realizadas para poder deixar os dois centros de trabalho balanceados e os processos otimizados, atendendo a demanda da produção, para solucionar o problema encontrado. Um dos principais resultados obtidos foi o balanceamento entre os dois centros de trabalho, onde foram realocados três conjuntos de um centro de trabalho para outro, com isso, as atividades ficaram balanceadas dentro do *tack time* da linha que é de 38 minutos. Outra melhoria efetuada foi a aproximação dos itens do ponto de uso, que ocorreu devido às mudanças realizadas no *layout* e alterações de itens de carros kits. Com isso obteve-se ganho de 3,31 minutos por máquina, que não agregava valor ao produto, ou seja, o soldador se deslocava muito para buscar os itens. Além disso, foi realizada a troca de um carro kit grande, por um carro kit menor, onde obteve-se ganho de área de 4,5 m². Essa troca atendeu a necessidade que existia de ter mais espaço entre os carros kits, para a circulação dos soldadores para pegar os itens. Desta forma, todos os resultados obtidos proporcionaram mais organização, qualidade, segurança e produtividade à empresa, agregando valor aos processos e aos produtos finais.

Palavras-chave: Balanceamento. *Layout*. Fluxo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma de decisão de <i>layout</i>	19
Figura 2: Matriz de <i>layout</i> associada com variedade-volume	20
Figura 3: Oito Perdas.....	25
Figura 4: Pilares da estrutura do Sistema Toyota de Produção.....	31
Figura 5: Tipos de caixa plástica	46
Figura 6: Prateleira de armazenamento.....	47
Figura 7: Embalagem <i>Tilt Rack</i>	47
Figura 8: Carro bandeja para itens sequenciados	48
Figura 9: Carro base para itens grande volume.....	49
Figura 10: Interface do <i>software</i> WPlanner.....	50
Figura 11: Unidade de trabalho do <i>software</i>	50
Figura 12: Localização da WA e FNo	52
Figura 13: <i>TaskList</i> do <i>software</i>	53
Figura 14: Atividade das <i>Tasks</i>	54
Figura 15: Selecionar tipo de atividade no <i>software</i>	55
Figura 16: Acessar desenho do conjunto.....	56
Figura 17: Desenho do conjunto.....	57
Figura 18: Retificador de solda	58
Figura 19: Gráfico dos tempos no centro de trabalho CP001	59
Figura 20: Gráfico dos tempos no centro de trabalho CP002	60
Figura 21: Gráfico do desbalanço entre os centros de trabalho	61
Figura 22: <i>Layout</i> antigo da célula em estudo (hachurada)	62
Figura 23: <i>Layout</i> do fluxo dos itens e local do <i>Stand-By</i>	63
Figura 24: <i>Layout</i> mostrando espaçamento entre os carros de itens	64
Figura 25: <i>Layout</i> com novo fluxo.....	67
Figura 26: <i>Layout</i> mostrando o espaçamento entre os carros.....	68
Figura 27: <i>Layout</i> destacando o carro que foi trocado.....	68
Figura 28: Gráfico com o tempo de cada centro de trabalho	72
Figura 29: Gráfico dos conjuntos que ficaram no CP001.....	72
Figura 30: Gráfico dos conjuntos que ficaram no CP002.....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Métodos de <i>Lean Manufacturing</i>	24
Quadro 2: Etapas de pesquisa-ação	41
Quadro 3: Cronograma de etapas de implementação.	43
Quadro 4: Listas de conjuntos fabricados nessa célula	59
Quadro 5: Perdas existentes no processo de soldagem	65
Quadro 6: Apresentação dos resultados.....	70
Quadro 7: Conjuntos passados para o centro de trabalho CP002.....	71

LISTA DE SIGLAS

STP – Sistema Toyota de Produção

JIT – *Just In Time*

LER – Lesão por Reforço Repetitivo

KLT – *Klein lagerung und transport* ou acondicionamento e transporte de pequenos componentes

WA – *Work Area* ou Área de Trabalho

FNo – *File Number* ou Número do Arquivo/Projeto

PRT's – Prateleiras

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 TEMA	14
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	14
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.4 HIPÓTESES.....	15
1.5 JUSTIFICATIVA	15
1.6 OBJETIVOS	16
1.6.1 Objetivo Geral	16
1.6.2 Objetivos Específicos	16
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 ARRANJO FÍSICO	18
2.1.1 Arranjo Físico Posicional	21
2.1.2 Arranjo Físico por Processo	21
2.1.3 Arranjo Físico por Célula	22
2.1.4 Arranjo Físico por Produto.....	22
2.2 “OITO” DESPERDÍCIOS DA PRODUÇÃO.....	23
2.3 <i>JUST IN TIME</i>	28
2.4 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	30
2.5 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GERENCIAIS.....	32
2.6 BALANCEAMENTO DE LINHA.....	32
2.7 <i>LEAN MANUFACTURING</i>	34
2.8 TEMPOS E MOVIMENTOS	35
3 METODOLOGIA	38
3.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	38
3.2 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	39

3.2.1 Coleta de Dados.....	40
3.2.2 Etapas da pesquisa-ação	40
3.3 WPLANNER	42
3.4 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES.....	43
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	45
4.2 ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DO PROCESSO	46
4.2.1 Análise de itens do processo.....	46
4.2.2 Análise do <i>software</i> WPlanner	50
4.2.3 Análise do desbalanceamento	57
4.2.4 Análise do <i>layout</i>	61
4.2.5 Análise das oito perdas	65
4.3 PROPOSTA DE MELHORIA.....	66
4.4 IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA	66
4.5 BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO.....	69
CONSIDERAÇÃO FINAL	74
REFERÊNCIAS.....	77

1 INTRODUÇÃO

O aperfeiçoamento do sistema produtivo faz com que as empresas tornem isso um objetivo constante em seus processos, mas para que isso aconteça é necessário ter velocidade, agilidade e qualidade na produção de bens e serviços.

Nesse sentido, o estudo de balanceamento dos processos produtivos é de extrema importância, pois quando for bem definido, proporciona a organização a otimização de seus recursos dentro do planejado, fato que torna os processos mais ágeis e com ganhos de aumento de produtividade, portanto é essencial que o sistema produtivo esteja sincronizado com sua demanda de forma a garantir a melhor utilização possível dos recursos.

Na empresa em estudo, do ramo metal mecânico, há dois centros de trabalho em uma célula de soldagem, que estão com seus processos mal otimizados, ou seja, desbalanceados, onde são fabricados diversos conjuntos que compõem uma máquina. Os tempos de fabricação de um centro de trabalho estão com atividades além do *tack time* de linha e o outro centro de trabalho, ao lado, está com tempo menor do que o *tack time*, necessitando o balanceamento dos conjuntos fabricados.

Diante disso, é necessário analisar as atividades dos centros de trabalho, o fluxo de materiais, o *layout* da célula de trabalho, a fim de otimizar os processos e oportunizar a melhoria.

A importância deste trabalho para a empresa pesquisada é oferecer mudanças e oportunidades de melhoria em seus processos, para atender a demanda diária de produção, tendo como propósito o balanceamento de atividades nos centros de trabalho. Esta pesquisa se justificou para a empresa, pois foram balanceados e otimizados os dois centros de trabalho na célula de soldagem, atendendo assim a demanda diária de produção.

Optou-se por implementar o projeto de balanceamento e alteração de *layout* com base nos conceitos *Lean Manufacturing*, utilizando a filosofia “As Oito Perdas” do Sistema Toyota de Produção, usando o *software* WPlanner, que alimentado com informações, proporciona detectar os tempos que cada conjunto leva para ser

fabricado. Diante disso, a implementação desse projeto foi possível e totalmente viável para a empresa.

É possível afirmar que o espaço físico estava comprometido e não permitia adicionar recursos humanos, materiais e equipamentos. Na célula de trabalho obtinha-se uma produção de conjuntos, onde o tempo de fabricação para uma máquina ultrapassava o *tack time* da linha e portanto, havia necessidade de outro operador auxiliar na fabricação das peças, com o uso de um equipamento *Stand-By* (Retificador de Solda Secundário), porém isso gerou transtornos com o espaço físico e aumentou o risco de acidentes.

Analisando esse problema, considerou-se obter um resultado expressivo entre o balanceamento de atividades e o centro de trabalho ao lado, melhorando o fluxo de materiais e pessoas com a diminuição de *lead time* por máquina e a eliminação de perdas em movimentação, melhorando a organização da empresa em geral, a agilidade na execução das atividades, a localização e a organização dos centros de trabalho. Uma análise desses pontos permitiu definir a melhor estratégia diante dos recursos disponíveis, sem acrescentar recursos.

A pesquisa-ação teve como objetivo principal, o correto balanceamento dos conjuntos, diminuindo, dessa forma, as perdas em movimentação e transporte.

1.1 TEMA

O tema deste trabalho refere-se ao balanceamento dos conjuntos entre os centros de trabalho de uma célula de soldagem, para otimizar os recursos disponíveis, verificar alternativas possíveis para alteração de *layout*, fluxo de materiais e assim, escolher a melhor alternativa que se adapte ao processo produtivo.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O trabalho foi realizado em uma empresa de fabricação de máquinas agrícolas de Horizontina, no estado do Rio Grande do Sul, sendo executado em uma célula de soldagem de alguns conjuntos que fazem parte do produto final. O trabalho se delimitou na célula de soldagem com dois centros de trabalho, onde a geração de informações se deu através das análises dos processos produtivos para satisfazer

as necessidades da empresa, implementando-se apenas nesses dois centros de trabalho, as melhorias, pois as demais células não faziam parte desse trabalho.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Os autores Marconi e Lakatos (2010) definem que, ao formular um problema, busca-se afirmar de forma clara e objetiva qual é a dificuldade encontrada e como se pretende resolvê-la, limitando seu campo e exibindo as suas propriedades.

Levando em consideração as informações anteriores, os centros de trabalho dessas células de soldagem não estão balanceados e os processos não estão bem otimizados, influenciando no processo produtivo de forma negativa.

Neste contexto, decidiu-se desenvolver um balanceamento dos conjuntos, visando otimizar os processos e atingir a demanda da produção da célula de soldagem. Diante do exposto anterior, definiu-se para o presente trabalho o seguinte problema de pesquisa: Como balancear os centros de trabalho obtendo uma melhor otimização dos recursos?

1.4 HIPÓTESES

Tornar este processo produtivo mais otimizado e flexível passa pelo balanceamento dos centros de trabalho da célula de soldagem, pois é a melhor forma de garantir que a capacidade de produção seja atingida, melhorando também o espaço físico da célula.

1.5 JUSTIFICATIVA

A engenharia de manufatura busca processos cada vez mais enxutos ligados à segurança, à produtividade e à qualidade. As empresas têm em suas rotinas, constantes alterações para se adaptarem aos mercados atuais em relação à modernização e à inovação tecnológica, porém na área de manufatura, a atenção está voltada a eliminar atividades que não agreguem valor, pois o cliente não está pagando por isso.

Diante deste contexto, justificou-se realizar esse trabalho de conclusão de curso na área de manufatura de processos produtivos de soldagem, que foi o

balanceamento de produção. Com isso, propôs-se uma melhor otimização dos recursos existentes, pois os processos foram definidos por centro de trabalho, onde houve uma melhor organização do *layout*, proporcionando a possibilidade de aumentar a produção da célula.

Dessa forma, justificou-se realizar o presente estudo, visto que este possibilitou ao pesquisador melhorar seu conhecimento no que se refere às práticas de melhorias de processo, juntamente com as teorias e ferramentas abordadas em sala de aula, podendo assim desenvolver seu crescimento pessoal e profissional, fatores que irão contribuir para o crescimento da empresa e do seu negócio.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo Geral

Objetivo geral é balancear os tempos de produção entre dois centros de trabalho de uma célula de soldagem, para otimizar os recursos existentes, melhorando a capacidade de produção.

1.6.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos, alinhados ao objetivo geral deste trabalho, são:

- a) Analisar os centros de trabalho, mapeando os conjuntos;
- b) Verificar o processo atual, analisando as atividades e os tempos de produção de cada conjunto, a fim de validar as alterações de processo de soldagem;
- c) Mapear as perdas em movimentações, identificando e analisando os fluxos de materiais, utilizando a filosofia das “Oito Perdas” para evidenciar as melhorias provenientes das alterações do *layout*;
- d) Mapear os pontos críticos e balancear os centros de trabalho, utilizando a ferramenta WPlanner para otimização recursos;
- e) Propor e implementar um novo *layout* para balanceamento dos centros de trabalho;

- f) Analisar o *layout* atual com seus recursos e identificar os benefícios a partir do *layout* implementado.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste tópico estão abordados os principais temas que serviram de embasamento para a realização da pesquisa. Inicialmente foram abordados conceitos relacionados ao arranjo físico, ao planejamento do arranjo físico e os seus tipos.

2.1 ARRANJO FÍSICO

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), o arranjo físico de um processo produtivo é de suma importância para a definição do fluxo das operações, pois é através dele que se define a posição das instalações, máquinas, equipamentos e pessoas, o que conseqüentemente impacta nos custos e na eficácia do processo como um todo.

Conforme D'Agostini et al. (2014), o posicionamento dos recursos utilizados em um arranjo físico depende do volume e da variedade dos mesmos e confirma algumas vantagens como a redução dos custos do processo, o aumento da produtividade, bem como a redução dos riscos, das movimentações e também dos esforços das operações. Desta forma, gera-se um diferencial competitivo para a empresa.

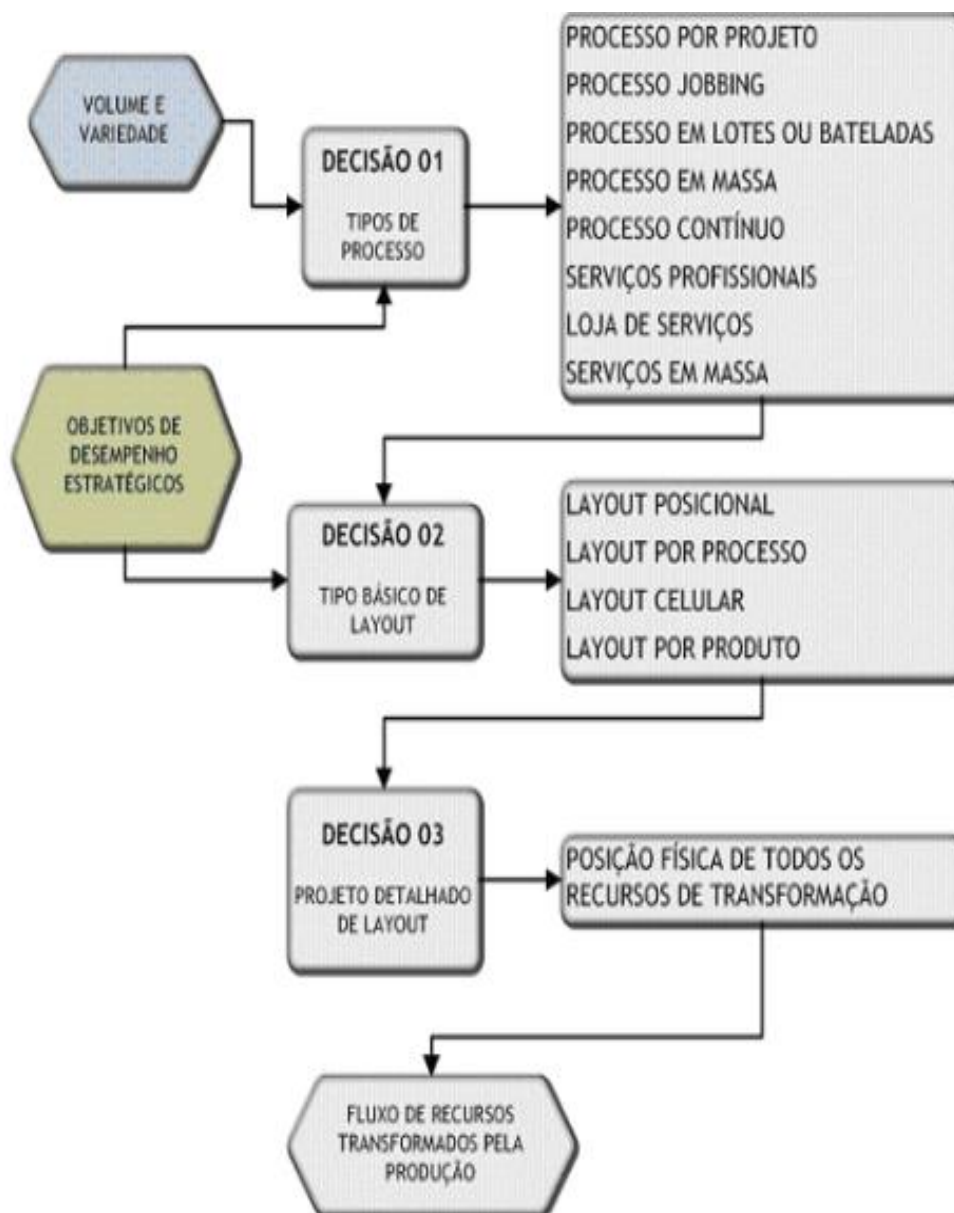
De acordo com Christensen (2007) apud D'Agostini et al. (2014), o objetivo do arranjo físico é ter um melhor aproveitamento dos espaços produtivos, possibilitando um fluxo mais claro entre setores e unidades organizacionais.

Conforme Slack, Chambers e Johnston (2002), as mudanças de arranjos físicos (*layout*) geralmente são demoradas e causam a parada da produção e quando mal planejadas e executadas podem prejudicar o fluxo do processo; ocasionar estoques sem necessidade e perdas na produção; custos elevados da mesma e ainda podem gerar a insatisfação do cliente.

Ao iniciar o planejamento de um *layout*, segundo Slack et al. (2002), é necessário ter conhecimento dos objetivos estratégicos da produção, entender quais são os tipos de arranjo físico disponíveis e saber qual é o resultado esperado com o *layout*, para que seja possível escolher qual tipo de *layout* deva ser utilizado. Desta maneira, o arranjo físico irá proporcionar um ganho de economia e de produtividade.

A Figura 1 apresenta as decisões necessárias para realizar a implementação de um *layout* e maneiras gerais de como organizar os processos e as atividades do planejamento do mesmo.

Figura 1: Fluxograma de decisão de *layout*



Fonte: Slack et al. (2002).

O planejamento do arranjo físico, conforme Muther (1978), é capaz de evitar perdas e possibilita que as alterações interajam de forma mais harmoniosa, o que facilita a mudança. No entanto, também há uma preocupação em relação de como tornar o novo *layout* fácil e uniforme.

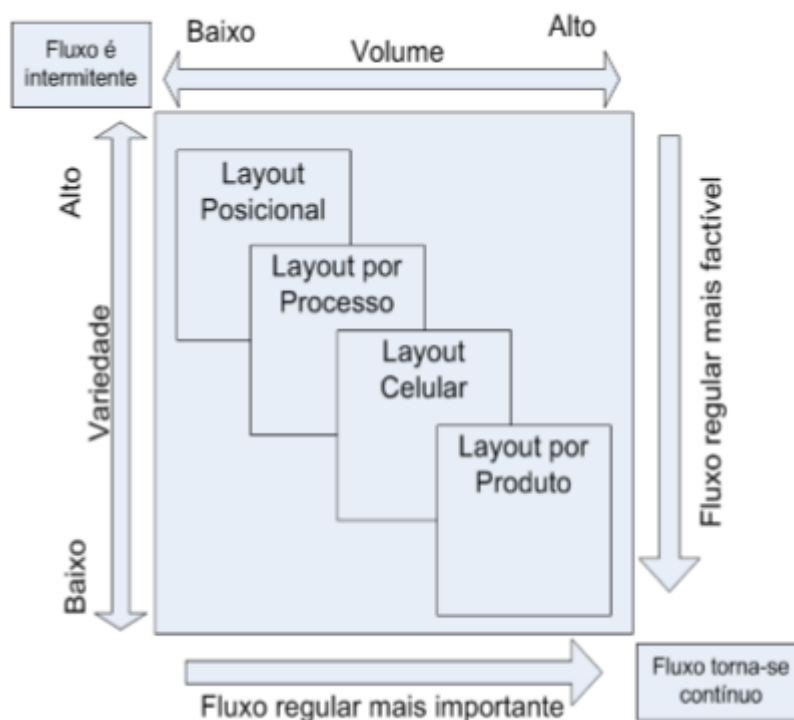
De acordo com Corrêa (2006), um arranjo físico bem estruturado reflete em ganhos competitivos à medida que favoreçam à flexibilidade das operações, aos fluxos múltiplos, à customização e à eficiência dos fluxos e da utilização dos recursos.

Moreira (2002) explica que há motivos relevantes a serem considerados no momento de planejar o arranjo físico como a capacidade de instalação, a produtividade das operações, os custos das mesmas e o impacto que terá caso no futuro seja necessária alguma alteração.

Conforme Slack et al.(1996), os arranjos físicos possuem sua origem a partir de quatro tipos básicos de *layout*: arranjo físico posicional, por processo, por celular e por produto. No entanto, de acordo com Moreira (2002), há três tipos: arranjo físico por produto, por processo e por posição fixa.

Slack et al.(2002) apresenta uma matriz, conforme Figura 2, que possui associação com a característica variedade-volume, pois ilustra uma classificação exata do *layout*.

Figura 2: Matriz de *layout* associada com variedade-volume



Fonte: Slack et al. (2002).

2.1.1 Arranjo Físico Posicional

Segundo Slack et al. (1996), o arranjo físico posicional, também chamado de arranjo físico por posição fixa, promove que as máquinas, equipamentos, instalações e pessoas se movam e os materiais continuem estacionados. Isto ocorre devido ao fato de que o produto pode possuir grandes dimensões, o que torna a sua movimentação muito delicada.

Conforme Moreira (2002), diversas vezes se trabalha com uma unidade do produto onde há um baixo nível de padronização e uso restrito de recursos. Sendo assim, a característica principal do arranjo posicional é a sua baixa produção.

De acordo com Slack et al. (1996), o espaço e a confiabilidade das entregas de um material fabricado com este tipo de arranjo estão relacionados à efetividade do mesmo. Desta forma, os materiais maiores terão um espaço fixo para sua produção, enquanto os menores serão alocados em áreas temporárias, o que acaba tornando este arranjo vulnerável a alterações que podem ocorrer durante a produção, favorecendo as mudanças das características necessárias para o atendimento das demandas.

2.1.2 Arranjo Físico por Processo

Conforme Slack et al. (1996), no arranjo físico por processo ou arranjo funcional ocorre o agrupamento dos processos semelhantes, que são alocados juntos em uma mesma área. Ainda, segundo esse autor, é possível que este tipo de *layout* se torne muito complexo conforme o aumento do número de processos em muitos produtos.

Segundo Moreira (2000, p. 263) “no arranjo físico por processo, a disposição relativa de máquinas ou departamentos é o fator crítico, devido ao grande movimento de pessoas ou materiais”.

Para Corrêa Corrêa (2006), o maior desafio na definição de *layout* é aproximar os setores que possuem um fluxo muito intenso entre si para que se consiga evitar movimentações desnecessárias.

2.1.3 Arranjo Físico por Célula

Segundo Martins e Laugeni (1999), o arranjo físico por célula possui o objetivo de centralizar, em um local único, as máquinas necessárias para realizar a produção de um único produto. Ainda conforme o mesmo autor, as características deste *layout* envolvem flexibilidade em relação ao tamanho dos lotes de produtos, menor quantidade de estoques, aumento da produtividade e qualidade, bem como uma maior satisfação no ambiente de trabalho.

Peinaldo e Graeml (2007) complementam mencionando que os arranjos físicos por célula são encontrados nos mais diversos tipos de empresas.

De acordo com Tubino (2009), o arranjo físico por célula permite colocar máquinas distintas em locais de trabalho que possuem necessidades semelhantes.

2.1.4 Arranjo Físico por Produto

Segundo Slack et al. (1996), o arranjo físico por produto engloba a localização dos recursos conforme a sequência do processo produtivo. Este tipo de arranjo segue um roteiro de produção definido, onde cada etapa está organizada conforme a sequência que deve ser realizada na prática.

Desta forma, segundo o autor mencionado acima, todo o fluxo de materiais, pessoas e processo torna-se bastante claro quando se utiliza este tipo de arranjo físico.

Conforme Moreira (2002) há diversas características neste tipo de arranjo, como, por exemplo, o fato do mesmo ser muito adequado para produtos que necessitem possuir uma padronização elevada, grandes quantidades e produção contínua, bem como seu fluxo previsível e custos baixos.

Segundo Slack et al. (2002), este tipo de arranjo físico é muito utilizado e vantajoso nos casos em que há grande volume de produtos com características semelhantes.

2.2 “OITO” DESPERDÍCIOS DA PRODUÇÃO

Para Ohno (1997) apud Shingo (1996), considerando o mercado competitivo atual, torna-se clara a importância da competitividade e da boa gestão e utilização dos recursos necessários na produção de um produto ou na prestação de um serviço. Sendo assim, quanto mais desperdícios forem eliminados durante um processo produtivo, mais competitiva e lucrativa a organização se tornará, sem contar que o processo ficará mais enxuto. A criação deste tipo de processo *lean* se dá em cima da redução do maior número possível de perdas.

Segundo ainda o autor, essas perdas são todas as atividades realizadas na fabricação de um item e que não agregam valor ao cliente final, ou seja, são recursos consumidos que não apresentam nenhum resultado benéfico e estão classificadas em 8 critérios de perdas, chamados pelos autores TE IMPEDE: Transporte, Espera, Intelecto (Conhecimento), Movimentação, Processamento, Excesso de Produção, Defeitos e Estoque.

Segundo os autores, cada um destes desperdícios pode causar um dano irreparável no desenvolvimento de um processo ou na qualidade de um produto, seja este dano um atraso na produção ou um consumo exagerado e desnecessário de matéria prima ou mão de obra, por exemplo. Desta forma, é de suma importância que as empresas estejam atentas para essas perdas e que conheçam profundamente cada uma delas, bem como identifiquem quais os impactos das mesmas na linha de produção.

Os autores Ohno (1997) apud Shingo (1996) abordam como ser mais efetivo tratando as 8 grandes perdas (TE IMPEDE) nas não conformidades. Eles mencionam que esta é uma questão preocupante, pois se refaz várias vezes e no final da mudança parece sempre haver muito que se fazer.

Acontece que nunca na história da humanidade se produziu tanto e a tendência é continuar nesse ritmo. Deve-se, portanto, tentar ser mais eficiente. Ainda esses autores acima colocam que se pode usar algumas técnicas que ajudam a eliminar o desperdício, ou seja, constantemente se esforça para eliminar atividade que não agrega nenhum valor diário.

Com base nos métodos de *lean manufacturing*, os autores mencionados desenvolveram o Quadro 1, para facilitar o entendimento das oito principais perdas da manufatura.

Quadro 1: Métodos de *Lean Manufacturing*

	DESPERDÍCIO	PROBLEMAS	SOLUÇÕES
T	1 Transporte	<ul style="list-style-type: none"> * Muito transporte de documentos entre os envolvidos; * Vai e volta de documentos incompletos/errados. 	<ul style="list-style-type: none"> * Reduza ao mínimo necessário o volume de documentos; * Tenha um fluxo padronizado e simples de troca de informações.
E	2 Espera	<ul style="list-style-type: none"> * Espera por completar os documentos já que o fluxo é em série; * Longo período de espera por respostas dos responsáveis. 	<ul style="list-style-type: none"> * Elimine etapas desnecessárias; * Crie um fluxo de lembrança de ações a serem feitas e cobrança de ações atrasadas.
I	3 Intelecto	<ul style="list-style-type: none"> * Pessoas não são chamadas para participar; * As pessoas têm receio de expressar suas opiniões. 	<ul style="list-style-type: none"> * Trabalhe com equipes multidisciplinares; * Estimule o envolvimento das pessoas num ambiente acolhedor.
M	4 Movimentação	<ul style="list-style-type: none"> * Movimentação excessiva de arquivos e documentos. 	<ul style="list-style-type: none"> * Elimine as movimentações que não agregam valor.
P	5 Processamento	<ul style="list-style-type: none"> * Uso de muitos sistemas de informação (várias planilhas, e-mails, pastas, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> * Utilize o mesmo sistema para todos os envolvidos.
E	6 Excesso de produção	<ul style="list-style-type: none"> * Informações repetidas em vários documentos. 	<ul style="list-style-type: none"> * Evite repetir informações.
D	7 Defeito	<ul style="list-style-type: none"> * Tratativas de NC malfeitas, ocasionam o reaparecimento do problema; * Preenchimento errado ou incompleto de RNCs. 	<ul style="list-style-type: none"> * Trate adequadamente as não conformidades para evitar que os defeitos reapareçam; * Mantenha uma uniformidade no método de trabalho entre os envolvidos.
E	8 Estoque	<ul style="list-style-type: none"> * Alto volume de documentos espalhados em diversas pastas. 	<ul style="list-style-type: none"> * Centralize as informações e evite acumular documentos, imagens e procedimentos desnecessários.

Fonte: Ohno (1997) apud Shingo (1996).

Como se podem usar algumas técnicas que ajudem a eliminar o desperdício, ou seja, constantemente se esforçam para eliminar atividades que não agregam valor diário. Segue a Figura 3, ilustrando as oito perdas do processo produtivo.

Figura 3: Oito Perdas



Fonte: Ohno (1997) apud Shingo (1996).

Para Ohno (1997) apud Shing (1996), as oito perdas são partes relevantes do Sistema Toyota de Produção, pois com essa eliminação se terá aumento na eficiência dos recursos, conforme se pode destacar:

1. Perda por transporte - mais do que transportar o produto final até o cliente de forma rápida e segura, a relevância da boa organização de um processo de transporte se torna evidente durante o processo de manufatura, pois é necessário pensar em como e quando cada insumo será deslocado até o seu ponto de consumo da maneira mais ágil e inabalável possível. No momento em que se começa a criação de um *layout* de produção, o transporte deve ser um dos aspectos mais importantes a serem analisados, justamente pelos pontos mencionados acima. As matérias primas devem

estar disponíveis o mais próximo possível de onde serão utilizadas, pois isso reduz o tempo do processo como um todo, melhora o fluxo do mesmo e conforme a maneira que são disponibilizadas (posição dos itens) melhora a ergonomia deste processo, facilitando e melhorando a qualidade de vida dos funcionários que irão executar o trabalho.

2. Perda por estoque - acabou-se a época em que estoque era sinônimo de produtividade, boas vendas e bons resultados financeiros. Estoque é um dinheiro parado que poderia estar sendo investido em outras áreas da empresa. Estoque não é apenas de produto acabado, mas sim de todo e qualquer material que está armazenado em determinado local esperando o momento em que será utilizado para substituir outro item. Isto significa que a empresa está disponibilizando um local para guardar estes itens, sendo que esta poderia estar utilizando este mesmo local para aumentar a sua capacidade produtiva, por exemplo.
3. Perda por movimentação - as perdas de movimento estão ligadas a movimentos desnecessários feitos pelos operadores na execução de uma operação. Este tipo de perda pode ser eliminado através de melhorias baseadas no estudo do tempo e do movimento. No entanto, deve-se notar que a introdução de melhorias nas operações por mecanização é apenas recomendada após tentar todas as possibilidades para melhorar o movimento dos trabalhadores e quaisquer mudanças nos procedimentos operacionais.
4. Perda por espera - devido às dificuldades de inspeção visual e ao transporte de peças de um setor para outro, muitos operadores têm frequentemente uma carga de trabalho baixa em comparação com outros setores. Existem basicamente três tipos de perda por espera: (i) perda por Espera no Processo: todo o lote espera até o final da operação ser executado no lote anterior até que a máquina, os dispositivos e / ou o operador estejam disponíveis para o início da operação; (ii) perda por Espera do Lote: é a expectativa de que cada componente de um lote seja submetido até que todas as outras partes do lote tenham sido processadas e, em seguida, avancem para a operação; (iii) perda por Espera do

Operador: ociosidade gerada quando o operador é forçado a ficar perto da máquina para monitorar / monitorar o processamento do início ao fim ou devido a um desequilíbrio nas operações.

5. Perda por processamento - isso acontece devido ao movimento excessivo das peças, com possíveis avarias que acabam gerando retrabalhos. Essas são as partes do processo que podem ser eliminadas sem afetar os recursos e funções básicas do produto ou serviço. Geralmente são situações em que o desempenho do processo está abaixo do ideal.
6. Perda por superprodução - de todas as sete existentes, a perda por superprodução é a mais danosa. Ela possui a propriedade de esconder outras perdas e é a mais difícil de eliminar. Existem dois tipos de perdas por Produção: (i) perda por Superprodução por Quantidade, que é produzida além do volume programado ou requerido (sobram itens/produtos) e (ii) perda por Superprodução por Antecipação, pois é resultante de uma produção feita antes do tempo requerido.
7. Perda por defeitos - a perda para a fabricação de produtos defeituosos é o resultado da geração de produtos que apresentem algumas de suas características de qualidade fora de uma especificação ou padrão estabelecido e que, por essa razão, não atendem aos requisitos de uso.
8. Perda por conhecimento - é um desperdício de conhecimento intelectual e habilidades de colaboradores que não são bem explorados. Os funcionários, às vezes, são tratados como robôs, que são programados exclusivamente para essa função específica. Não é interessante para o processo, pois incentivar o intelectual humano é uma das grandes estratégias de motivação profissional.

Segundo o autor ainda o papel do gerente é identificar as atividades mais apropriadas para cada trabalhador. Além disso, ele sempre busca motivar e desenvolver os funcionários. A empresa ganha muito nos resultados quando esses profissionais são motivados e incentivados à participação.

Uma melhoria realizada como exemplo em um processo, foi a remoção das câmaras de ar dos pneus, onde sua função foi prender o ar e fazer com que eles

ficassem cheios ao revisar o projeto de pneus, fazendo com que eles conseguissem prender o ar, conseqüentemente foi eliminada a câmara. (BARNES, 1997).

2.3 *JUST IN TIME*

O sistema *Just In Time* (JIT) é de origem japonesa e foi desenvolvido pela Toyota Motor Company na década de 70 com o intuito de buscar um sistema de administração capaz de aumentar a produtividade mesmo possuindo limitação de recursos (MOURA e BANZATO, 1994).

Na língua japonesa as palavras *just in time* significam “oportuno”, “no momento certo”. Já na língua inglesa, *in time* significa “a tempo”, isto é, não no momento exato, mas um pouco antes ou com determinada folga. Porém, Shingo (1996) sugere um conceito mais amplo no qual não se pense apenas no tempo de entrega, mas também no processo produtivo como um todo, onde cada processo necessite dos itens na quantidade, local e tempo certos, sem que haja necessidade de criar um estoque.

Ohno (1997) afirma que o JIT é o significado de um processo com um fluxo contínuo, no qual as peças certas cheguem à linha de montagem na quantidade e no tempo correto, o que por sua vez pode possibilitar alcançar estoque zero.

O conceito de JIT, de acordo com Uhlmann (1997), expandiu-se e se tornou uma filosofia gerencial que, além de permitir os itens certos no local e momento corretos e procurar eliminar os desperdícios da produção, apresenta um novo conceito de necessidade de produção, onde a mesma se inicia depois de confirmada a demanda, dessa forma, reduzem-se os estoques e os custos de produção, mas aumenta a qualidade do sistema produtivo.

Segundo o autor acima, o sistema de “puxar” a produção conforme demanda tornou-se conhecido através do nome Kaizen, que apresenta consigo o conceito de melhoria contínua, ou seja, sempre existe algo a ser melhorado no processo.

Conforme Bernardes e Marcondes (2006), o *Just In Time* é um sistema que prevê a participação das pessoas para realizar a gestão de acordo com o conceito da Qualidade Total. Desta forma, há metas altas a serem alcançadas e o sistema de melhoria contínua Kaizen se torna extremamente importante para o alcance dos

objetivos, resultando zero defeito e quebras, tempo zero de preparação, estoque zero, movimentação zero, lead time zero e lote unitário.

De acordo com Shingo (1996), a filosofia JIT, ao contrário da abordagem tradicional, não acredita que os defeitos e quebras são inevitáveis e assume o compromisso de eliminar completamente esses defeitos. Ainda esta filosofia apresenta a importância das informações dos defeitos como uma maneira de melhoria contínua.

Segundo Shingo (1996), para que o tempo de preparação das máquinas (*setup*) seja reduzido são necessárias algumas ações como documentar como é realizado o processo atual. Entretanto, para que seja possível analisar cada passo, converter o *setup* interno em externo (o que exige que os materiais necessários estejam próximos à máquina), preparar o novo *setup* de forma cuidadosa, modificar os equipamentos, a fim de que os mesmos se tornem mais fáceis de serem ajustados é necessário criar procedimentos que permitam que a maior parte do processo de *setup* seja realizada por apenas um recurso.

Em relação aos estoques, Shingo (1996) afirma que é preciso eliminar as causas que geram os estoques e isto é possível através do sincronismo do *setup* com lead time e o fluxo de trabalho criado.

Ainda conforme Shingo (1996), a movimentação que ocorre ao longo do processo pode ser reduzida através do desenvolvimento de um arranjo físico (*layout*) adequado que possibilite a menor distância entre os itens e os seus pontos de consumo. Desta forma, haverá um grande ganho em produtividade.

Lead time é o tempo necessário para que um item seja produzido, contando do primeiro até o último passo necessário naquele processo até que esteja pronto para o próximo. Desta forma, de acordo com Tubino (1999), o lead time possui relação com a flexibilidade do sistema produtivo em atender o cliente e quando se leva este tempo ao menor tempo possível, também ocorrerá redução dos custos do processo.

Conforme Shingo (1996), a filosofia JIT traz consigo a redução dos lotes de produção e de compra de materiais, pois através de lotes pequenos é possível que os itens cheguem ao próximo posto de forma mais rápida o que conseqüentemente

permite que não haja grandes estoques, reduzindo assim a quantidade de problemas de qualidade.

Desta forma, Shingo (1996) afirma que há diversas vantagens na utilização do sistema *Just in Time* como custos menores através da redução dos estoques, bem como a boa utilização dos leads times e lotes unitários. Ainda, o JIT possibilita maior qualidade do processo e dos produtos através do incentivo aos defeitos zero. Os cuidados com a movimentação e o setup também apresentam vantagens como maior flexibilidade, velocidade e confiabilidade ao sistema de produção.

2.4 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

De acordo com Corrêa e Corrêa (2012), o Sistema Toyota de Produção (STP) foi criado pela Toyota Motor Company, no Japão, após a Segunda Guerra Mundial e possui o objetivo de fornecer um sistema de produção capaz de administrar a produção de acordo com a demanda.

Segundo Shingo (1996), o seu principal objetivo é a eliminação das perdas que ocorram na produção e a redução dos custos, tornando o sistema competitivo através da obtenção de maior flexibilidade, melhor atendimento ao cliente e maior qualidade. Ohno (1997) confirma este pensamento, afirmando que o STP possibilita maior produtividade e eliminação de desperdícios.

Ainda, de acordo com Shingo (1996), é relevante entender a diferença entre processo e operação. Processo é a modificação das matérias primas em produtos finais e operação são as atividades realizadas pelas máquinas e pelos operadores. Ainda se faz necessário compreender o que o lead time é o tempo relacionado entre o início e o término de uma atividade.

Segundo Pasa (2004), o mercado precisa de sistemas capazes de atender demandas de pequenas quantidades e com grandes variabilidades de produtos e o Sistema Toyota de Produção permite que esta necessidade se torne realidade.

Conforme Ghinato (2000), o STP possui dois pilares chamados de *Just In Time* (JIT) e o Jidoka, através dos quais é possível realizar as melhorias necessárias na produção. Estes pilares estão ilustrados na Figura 4.

Segundo Moura e Banzato (1994), o JIT refere-se a um sistema de administração que possui capacidade para aumentar a produtividade dos processos, mesmo com redução de recursos.

De acordo com Ghinato (2000), o Jidoka tem o objetivo de oferecer autonomia ao operador ou à máquina para poder parar o processo quando ocorrer alguma anomalia, o que justifica a utilização de poka-yoke da detecção dos defeitos.

Figura 4: Pilares da estrutura do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Ghinato, (2000).

De acordo com Maximiliano (2008), os dois princípios do Sistema Toyota de Produção são a eliminação dos desperdícios de produção e a produção com qualidade. O princípio da eliminação de desperdícios possibilitou o surgimento da manufatura enxuta (*Lean Manufacturing*) que se refere à produção do máximo possível economizando recursos. Referente à produção com qualidade, o objetivo é zero defeitos, que possibilita produtos com maior qualidade e custos baixos.

2.5 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GERENCIAIS

Atualmente o mundo está na era da informação, o que acarreta uma maior exigência das empresas para que as mesmas se atualizem com o uso e aplicabilidade de novas tecnologias e sistemas da informação, meio através do qual é possível obter uma melhor gestão dos negócios como um todo. Empresas com ambição de crescer precisam fazer uso de sistemas de gestão para que consigam ter uma visão sistêmica de tudo o que acontece e utilizar os dados e informações geradas desses sistemas, para a tomada de decisões.

Segundo Oliveira (2002), os dados se apresentam de maneira bruta, o que significa que somente eles não são necessários para definir uma tomada de decisão. Já a informação, segundo Padoveze (2000), é o dado processado, isto é, o dado trabalhado e armazenado de forma que o receptor do mesmo consiga entender um valor real para utilizar nas suas decisões. Oliveira (1992), menciona ainda que esta informação quando bem estruturada, é de suma importância para as empresas.

Ainda para que se tenha um uso correto dos sistemas de gestão, é preciso fazer o que fazer com os dados e informações geradas, ou seja, é preciso conhecimento, que de acordo com Laudon e Laudon (1999), é um conjunto de ferramentas utilizadas pelas pessoas para que seja possível criar, colecionar, armazenar e ainda compartilhar informações.

Contudo, torna-se clara a importância da utilização de sistemas gerenciais para as empresas, pois possibilita o entendimento dos acontecimentos, bem como, principalmente, facilita a tomada de decisões assertivas e benéficas para os negócios, sendo o WPlanner o que melhor se adaptou neste trabalho.

2.6 BALANCEAMENTO DE LINHA

Segundo Chase et al. (2006), balancear uma linha de produção tem implicações para o *layout*. Isso ocorre quando, por razões de balanceamento, o tamanho da área de trabalho ou o número de áreas de trabalho usadas devem ser modificados fisicamente.

Ainda o autor menciona, que o trabalho realizado em cada área é composto por várias partes, chamadas tarefas, elementos e unidades de trabalho. Estes são

descritos pela análise de tempos e movimentos, geralmente são agrupamentos que não podem ser subdivididos na linha de montagem sem penalidades na forma de movimentos adicionais.

Segundo ainda o mesmo autor, o trabalho total a ser feito pela área de trabalho é igual à soma das tarefas atribuídas a essa área e a lógica do balanceamento é dividir e distribuir essas tarefas entre as áreas de trabalho de forma que minimizem ao máximo os tempos de ociosidade. Assim irá refletir na produção contínua, otimizando os fluxos, minimizando as perdas com transporte desnecessário e eliminando os tempos de ociosidade das áreas de trabalho.

Esta definição se confirma segundo Shingo (1996), que diz que o objetivo do balanceamento da linha é gerar um processo com a mesma quantidade produzida que o processo anterior.

Conforme Shingo (1996), a chave para realizar o balanceamento é a produção mista, pois a mesma apresenta vantagens como cargas balanceadas, redução de estoque e maior eficiência do sistema produtivo justamente por dividir o trabalho em mais de um produto.

Segundo Rocha (2005), o balanceamento da linha de produção refere-se a ajustar a mesma conforme a demanda, maximizando suas estações de trabalho e unificando o tempo unitário de produção.

De acordo com Ohno (1997), um fator importante para que o balanceamento seja positivo é a boa distribuição da equipe de trabalho, para que se tenham pessoas trabalhando ao longo de todo o dia e também com o intuito de evitar que determinado funcionário seja responsável por um grande índice de produtividade.

Dessa forma, conforme o autor mencionado acima se torna clara a percepção de que o balanceamento da linha de produção é extremamente positivo ao processo produtivo como um todo, pois apresenta vantagens como estoques minimizados e cargas balanceadas.

2.7 LEAN MANUFACTURING

Conforme Womack e Jones (1996), diversas empresas modificaram a forma de pensar a produção através da manufatura enxuta (*lean manufacturing*), pois, de acordo com Womack e Jones (1996), esta filosofia surgiu através da empresa automobilística Toyota Motor Corporation no Japão.

O termo "*lean manufacturing*", ainda conforme o autor, teve sua origem através do livro "A máquina que mudou o mundo" que apresenta os conceitos do Sistema Toyota de Produção (STP) e possui o objetivo de tornar os processos mais enxutos, reduzindo as oito perdas do STP.

Ohno (1988) confirma o pensamento acima, afirmando que a base da manufatura enxuta é a redução dos desperdícios.

Womack e Jones (2004) definem a manufatura enxuta como uma maneira de criar ações sequenciadas que agregam valor, realizando as atividades de forma interrupta e eficaz.

Segundo Shingo (1981), é necessário entender a relação dos conceitos de matérias primas se transformarem em produtos através de operações, para que então se consiga ter um sistema produtivo enxuto, maximizando a produção.

Wacker (2004) e De Tréville e Antonakis (2006) confirmam o pensamento acima quando dizem que a manufatura enxuta pode ser considerada um sistema de produção com o intuito de minimizar os estoques e maximizar a capacidade produtiva.

Ferdows e Meyer (1990) afirmam que a implementação do *lean manufacturing* deve ocorrer de forma sequenciada, entretanto, Ahlström (1998) possui outra visão, na qual é preciso aplicar os princípios em paralelo e sequencialmente também.

Womack e Jones (1996) estabeleceram as fases teóricas necessárias para as empresas implementarem o sistema *lean*, enquanto Rich et al. (2006) elaborou um guia detalhado e ilustrado para colocar em prática o pensamento enxuto.

No que diz respeito aos resultados da utilização do *lean manufacturing*, Spear e Bowen (1999) afirmam que diversas empresas não têm sucesso ao aplicar os conceitos enxutos.

Sobek II et al. (1999) e Morgan e Liker (2006) comentam que há dificuldades para compreender os princípios enxutos que guiaram as tomadas de decisões da Toyota.

Lewis (2000) e Lin Hui (1999) afirmam que é necessário possuir cautela ao se mencionar que o *lean manufacturing* aumenta o desempenho de todas as empresas, uma vez que a capacidade de adaptação das empresas ao sistema *lean* é de suma importância para o alcance de resultados positivos.

Contudo, segundo Hines et al. (2008) afirmam, a fim de que as ações implementadas através do *lean manufacturing* se sustentem, é de suma importância que se pense em estratégias e alinhamentos capazes de manter as melhorias implementadas com o auxílio de novas tecnologias, ferramentas e técnicas.

2.8 TEMPOS E MOVIMENTOS

Segundo Barnes (1977), o estudo de tempos e movimentos ganharam muitas interpretações desde o seu surgimento em 1881 através de Frederick Taylor, sendo que o estudo de tempos apresentado por Taylor foi utilizado para determinação de tempos padrões e o estudo de movimentos criado pelo casal Frank B. e Lillian M. Gilbreth foi usado para melhoria dos métodos de trabalhos.

Atualmente, conforme Barnes (1977), o conceito de tempos e movimentos é diferente do original. Inicialmente, o estudo dos tempos e movimentos possuía o objetivo de melhorar os métodos existentes, mas hoje o cuidado está na definição do método ideal a ser utilizado para a realização de cada processo e na definição do tempo padrão necessário para executar esses processos.

Desta forma, ainda segundo esse autor, o casal Gilbreth, unindo conhecimentos de psicologia e engenharia, possibilitou diversas invenções como estudos referentes à fadiga, à transferência de habilidades entre colaboradores, desenvolvimento do método de fluxo de processo, bem como o estudo dos micromovimentos.

De acordo com Martins e Laugeni (1999), as medições dos tempos de produção possuem grande importância para que seja possível estabelecer os padrões a serem seguidos pelos programas de produção, permitindo o planejamento das fábricas e realizando avaliações de desempenho destes padrões, bem como as medições também possuem uma significativa relevância para verificar a utilização dos recursos disponíveis e para a análise dos custos de produção.

Conforme Barnes (1977), para Gilbreth o estudo dos micromovimentos foi possível através da utilização de câmeras cinematográficas e de dispositivos que apresentem os tempos precisos de cada atividade realizada pelo operador. Este estudo envolve a análise da utilização das mãos em cada processo, ou seja, a forma como cada movimentação é realizada, se acontece com apenas uma ou as duas mãos e os benefícios que cada uma dessas movimentações apresenta.

Desta maneira, segundo o autor, consegue-se determinar o tempo mínimo necessário para a realização completa de cada tarefa; analisar, através das filmagens realizadas a forma de trabalho de duas ou mais pessoas ao mesmo tempo e estudar a interação entre homem e máquina, bem como treinar a equipe para que a mesma compreenda a importância dos estudos dos micromovimentos e seus impactos na execução e gestão da produção.

Figueiredo, Oliveira e Santos (2011) afirmam que através dos tempos e movimentos é possível definir o tempo padrão das operações, bem como estabelecer a capacidade produtiva e ainda realizar uma estimativa dos custos da produção.

No entanto, de acordo com Barnes (1977), há limitações para a aplicação do estudo de tempos e movimentos que indicam que não é permitida a escolha de métodos rápidos para a execução do estudo quando se deseja que o mesmo seja utilizado de base para incentivos salariais. Para tanto, há fatores importantes a serem considerados para a definição da técnica a ser utilizada como, por exemplo, verificar o conteúdo da atividade (número de hora homem utilizado), o tempo de vida da atividade, mão de obra, tempos de preparação das máquinas necessárias, nível de qualificação dos funcionários envolvidos no processo, bem como as condições do trabalho e o investimento necessário.

Barnes (1977) também apresenta a importância de analisar o ritmo de como as atividades são realizadas, sendo que esta etapa pode ser considerada uma das mais complexas fases do estudo de tempos e movimentos. Isto ocorre, pois cada pessoa possui uma agilidade diferente para efetuar a mesma atividade e esta agilidade do operador é comparada à velocidade considerada normal da pessoa que está avaliando o processo. Desta forma, esta análise refere-se a um julgamento pessoal.

De acordo com Lee (1996), a diferença entre os operadores é a maior limitação dos estudos dos tempos e movimentos, sendo necessário aumentar os conceitos ergonômicos do funcionário para superar esta limitação e com ela aumentar a produtividade e reduzir a probabilidade de Lesão por Esforço Repetitivo (LER).

Furlani (2011) confirma a possibilidade de elevar a produtividade através dos tempos e movimentos, uma vez que o mesmo possui pontos de entrada, transformação e saída dos processos, possibilitando assim a definição de padrões a serem utilizados no intuito de facilitar as tomadas de decisões.

3 METODOLOGIA

Neste tópico são abordados os procedimentos metodológicos empregados para a concepção deste estudo, servindo de base para realizar um balanceamento dos centros de trabalho para otimização dos recursos em uma célula de soldagem, utilizando o método de pesquisa-ação.

De acordo com Deslandes (1996), a metodologia é uma parte complexa e deve exigir cuidados por parte 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 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para os levantamentos do projeto do TFC foi utilizado um instrumento de medição (trena) para verificar o dimensionamento da célula de ocupação dos dispositivos, utilizando folha A4, juntamente com uma prancheta e lapiseira, borracha e caneta, a fim de tomar nota de como funcionam os processos e fazer anotações das conversas com os soldadores daquela célula.

A etapa posterior foi atualizar o cenário atual do *layout* antes da modificação dentro do *software* Autocad. Após tendo em mãos informações dos conjuntos e quantidades, foi trabalhada a análise, onde foi empregado o *software* corporativo da empresa, que analisa a sequência de como funcionam os processos e gera os tempos e movimentação através deste *software*. Também foi usada uma máquina fotográfica para filmar a produção dos itens, um computador para criar as planilhas de estudos dos tempos e movimentos e para desenhar propostas de *layout*, bem como outros materiais como livros didáticos, dissertações e artigos para embasamento sobre conceitos e definições.

3.2 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

O método de pesquisa utilizado no presente trabalho foi a pesquisa-ação, onde a forma de abordagem utilizada é a qualitativa, pois “as informações obtidas não podem ser quantificáveis e os dados obtidos são analisados indutivamente” (GIL, 2002). Ou seja, o pesquisador participou da implantação da melhoria na célula de soldagem, observando as atividades desenvolvidas, bem como os fluxos e os tempos levantados, contribuindo com sugestões junto aos demais colaboradores, buscando alternativas para a resolução de problemas que surgissem durante o estudo e implantação da melhoria.

Segundo Gil (2002), a pesquisa-ação difere de todos os outros métodos de pesquisa por se tratar de um modelo de flexibilização, devido à ação por parte dos pesquisadores ou grupos de interessados em qualquer momento da pesquisa.

O trabalho adotou uma análise na prática dos problemas de processos encontrados, coletando, analisando dados e sugerindo melhorias e aplicando o conhecimento teórico adquirido. Primeiramente, o pesquisador procurou entender o problema e após buscou soluções baseando-se em metodologias, conhecimentos e informações que pudessem trazer resultados.

Prado (2004) afirma que a metodologia é uma combinação de técnicas e ferramentas usadas para alcançar um objetivo pré-estabelecido: o que e como cada etapa do estudo deveria ser feita.

No processo de produção, as alternativas foram analisadas levando em consideração a sincronização geral existente, os dispositivos, à acessibilidade da soldagem, a segurança e a ergonomia.

Diante da necessidade de ter os processos balanceados em uma célula de soldagem, de uma empresa de grande porte do setor de agronegócio, localizada no sul do país, optou-se pela pesquisa sobre a filosofia “As Oito Perdas” e fluxo de materiais.

3.2.1 Coleta de Dados

Foram realizadas coletas de dados, a fim de que fosse possível levantar-se e analisar as atividades e estruturar o estudo, que iniciou com pesquisa, coleta e análise de dados secundários para ter uma proximidade com o problema em questão, pois através de artigos e teses desenvolveu-se o referencial teórico que contribuiu para a compreensão do trabalho.

Posteriormente, foram coletados dados primários através de reuniões e visitas realizadas ao local, onde os processos produtivos foram observados e analisados, a fim de estudar a célula de soldagem.

Os dados da pesquisa foram obtidos por meio de anotações, verificações do esboço do *layout* atual, bem como o fluxo dos processos, permitindo a verificação das movimentações desnecessárias, que se confirmaram por meio de análises dos tempos dos processos.

Diante desse propósito, o objetivo principal foi o balanceamento dos tempos entre os centros de trabalho da célula de soldagem, com grande utilização dos recursos, observando a limitação da célula e diminuindo os fluxos de materiais.

3.2.2 Etapas da pesquisa-ação

Conforme o que foi mencionado para a realização deste trabalho, optou-se pela pesquisa-ação, onde a mesma é caracterizada como pesquisa social, visto que o pesquisador e a equipe cooperam e participam na resolução do problema (THIOLLENT, 2005).

Thiollent (1997) afirma que o projeto de pesquisa-ação, mesmo que 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 de pesquisa-ação

Fases da pesquisa-ção	Pressupostos da pesquisa-ação
Exploratória	Pesquisadores e membros da organização, na situação em estudo, começam a identificar os problemas, as potências 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 objetivo observar e redirecionar o que acontece na prática, além de retornar ao conhecimento produzido ao longo do processo de pesquisa-ação.

Fonte: Adaptado de Thiollent, (1997).

O pesquisador realizou a pesquisa em conjunto com engenheiros, supervisores e soldadores da empresa em estudo. Conforme descrito no Quadro 2, para atender os objetivos da pesquisa foram adotados os seguintes procedimentos:

- Exploratória: para mapear e compreender os processos e fluxos de materiais foram realizadas reuniões com a equipe de engenharia, supervisão e soldadores, a fim de conhecer as particularidades da situação atual;
- Pesquisa aprofundada: foram identificadas as atividades e coletados os dados referentes aos tempos de cada conjunto, onde se definiu o cronograma de implementação para as melhorias;

- Ação: foram realizadas as ações de balancear os centros de trabalho, juntamente com alterações que foram necessárias no *layout* de acordo com cronograma. As tarefas controladas foram desenvolvidas de forma que todas as áreas fossem envolvidas, tais como engenharia, supervisão, técnicos de segurança e manutenção, a fim de finalizar as atividades para a implementação da melhoria;
- Avaliação: os resultados foram mensurados através de verificações dos tempos dos processos após a melhoria implementada, bem como a adequação da célula e um novo fluxo de materiais.

As etapas mencionadas compõem a pesquisa-ação, onde o pesquisador participou de todas as fases da pesquisa, desde a elaboração até o desenvolvimento das etapas de implantação, o que oportunizou à empresa uma melhoria no seu local de trabalho e para o acadêmico, um aperfeiçoamento dos conhecimentos aplicados.

3.3 WPLANNER

O *software* WPlanner da Citrix Receiver é um sistema corporativo desenvolvido exclusivamente para a empresa na qual ocorreu este estudo, o que significa que demais organizações não o utilizam. Deste modo não possui referência para análise, apenas treinamento, sendo que o material não foi disponibilizado pela empresa em estudo para referência. O sistema atende a diversas áreas como soldagem, montagem e usinagem.

Este sistema permite aos engenheiros realizarem a criação de toda a sequência de eventos de cada item, especificando de forma detalhada todos os passos que devem ser seguidos para produzir cada item na linha de produção, incluindo até mesmo a movimentação para buscar as peças e o tempo deste deslocamento, o que permite calcular todo o tempo de produção de cada item, sendo possível analisar o ganho que se obtém ao realizar alguma alteração no processo produtivo.

A missão do WPlanner é, portanto, fornecer um *software* de planejamento de processos com base em computadores pessoais simples para operações de produção e proporciona dados padrões, criando assim um padrão para os tempos

de saída e os custos das operações. Através desta padronização dos dados é possível obter um método mais preciso e justo do pagamento de incentivo salarial dos funcionários.

Estes dados padrões possibilitam vantagem ao sistema de incentivo moderno como valores de tempos consistentes, redução de custos, maior satisfação dos funcionários e utilização de tempos padrões para situações de trabalhos semelhantes.

Ainda o *software* WPlanner permite exportar diversos relatórios que facilitem na gestão dos processos: relatórios da sequência de eventos, dos itens por localização, por operador, por detalhes do trabalho e folhas de normas, por peças, ferramentas de uso, bem como relatórios de modelo de produto e ainda por folhas de métodos operacionais.

3.4 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Para melhor compreensão das atividades de implementação do *layout* desenvolvidas na empresa, elaborou-se um cronograma de atividades específicas aplicadas na mesma, conforme Quadro 3.

Quadro 3: Cronograma de etapas de implementação.

ETAPAS	ATIVIDADES	PERÍODO
1	Observações na célula de soldagem	mar/18
2	Reunião com supervisão e colaboradores	abr/18
3	Definição da metodologia	abr/18
4	Levantamento de informações	mai/18
5	Analises dos processos e fluxo de itens	jun/18
6	Analises dos tempos dos conjuntos	jun/18
7	Análise do layout atual	jul/18
8	Apresentação do esboço da proposta layout	jul/18
9	Identificação dos possíveis ganhos	ago/18
10	Implementação do novo layout	ago/18

Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

A etapa 1 foi realizada entre os meses de março e abril de 2018, onde foram feitas observações na célula de soldagem e conversas com os soldadores com o objetivo de conhecer os processos produtivos e metodologias adotadas.

A etapa 2 foi desenvolvida no mês de abril, através de reuniões com a supervisão e colaboradores, apresentou-se a proposta com os objetivos e as etapas da implementação das melhorias. Após a aprovação, seguiu-se com as demais etapas.

Na etapa 3, por se tratar de uma implementação, a metodologia escolhida foi a pesquisa-ação, onde o pesquisador ofereceu diretrizes no objeto de estudos de forma cooperativa com os colaboradores.

Na etapa 4, realizada durante o mês de maio, levantou-se informações relevantes dos processos, como a forma que são fabricados e quais os recursos utilizados para cada conjunto.

Já a análise dos fluxos e movimentações de itens da célula ocorreu na etapa 5, onde se analisou o fluxo que cada item percorre até ser fabricado e estar disponível para o próximo processo.

Na etapa 6, foi feito o levantamento dos conjuntos fabricados nos dois centros de trabalho, onde se levantou os tempos de cada conjunto através de um *software* corporativo da empresa.

A etapa 7 ocorreu no mês de julho, onde foi analisado o *layout* atual e trabalhado, com o *software* Autocad, para desenhar o mesmo e identificar as possibilidades de melhorias.

Na etapa 8, trabalhou-se em um esboço de *layout* para apresentar uma proposta de melhoria, juntamente com opiniões dos colaboradores, onde para isso foi utilizado *software* Autocad.

Na etapa 9 foram identificados os prováveis ganhos a partir de planilhas com tempos e análises entre os conjuntos para se chegar ao melhor balanceamento dos centros de trabalho e otimização dos recursos.

E finalmente a etapa 10 foi realizada no final do mês de agosto de 2018 e constituiu na implementação do *layout* proposto, sendo necessário a colaboração da supervisão e soldadores, a fim de se trabalhar de forma a criar um buffer de conjuntos para poder fazer a mudança do *layout* e alteração de itens dos carros, sem afetar a produção.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Durante a apresentação e a análise dos resultados foram aplicados os conceitos estudados na revisão da literatura para o desenvolvimento da proposta de implementação de *layout* e análise dos desperdícios encontrados em relação às “Oito Perdas”.

Primeiramente, foi realizada a apresentação da célula de soldagem, detalhando seus processos, fluxos internos e *layout* atual, identificando os pontos críticos e as perdas de processos encontrados. Na sequência, foram mostrados os resultados encontrados com o balanceamento dos conjuntos e a alteração do *layout* com base nos dados analisados.

Convém ressaltar que, para que fosse possível apresentar uma proposta para o supervisor e os colaboradores da célula, o pesquisador inicialmente realizou uma análise de todo processo para então elaborar e apresentar a proposta, conforme exposto nos tópicos a seguir.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Inicialmente, convém ressaltar que, por motivo de confidencialidade, não pode ser divulgado o nome da empresa, bem como alguns dados pontuais foram apresentados mediante adaptações por exigência da mesma.

A empresa que foi alvo deste estudo está localizada no sul do país, no estado do Rio Grande do Sul. A mesma é caracterizada por ser uma multinacional de grande porte, atuante no ramo agrícola, especializada na produção de máquinas e equipamentos que atendem esse ramo de mercado.

Essa empresa é uma referência multinacional devido aos seus quase 200 anos de atuação no mercado e por ter seus processos bem estabelecidos e com produtos de alta qualidade, pois investe bilhões de dólares em novas tecnologias, o que faz com que ela seja competitiva no mercado e garanta sua sobrevivência perante os concorrentes.

A empresa ingressou no mercado brasileiro na década de 90, tendo algumas unidades fabris espalhadas pelo território nacional. Na unidade estudada, atualmente conta, com aproximadamente 1700 funcionários.

4.2 ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DO PROCESSO

Com base na análise e no diagnóstico do processo em questão, o pesquisador baseou-se no contexto para mostrar o trabalho realizado na atividade da célula onde são soldados os conjuntos.

4.2.1 Análise de itens do processo

Nesta atividade operacional, analisou-se como chegam os itens e que embalagens são utilizadas. Alguns itens chegam em KLT's, (*Klein lagerung und transport* ou acondicionamento e transporte de pequenos componentes), que são caixinhas de plástico em três tamanhos diferentes, conforme Figura 5.

Figura 5: Tipos de caixa plástica



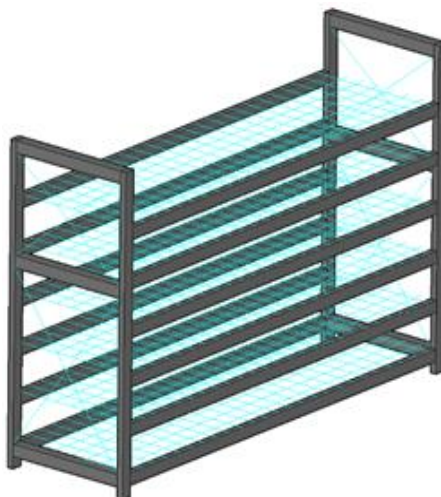
KLT 3214		KLT 4314		R-KLT 4329	
Altura (mm)	140	Altura (mm)	140	Altura (mm)	280
Largura (mm)	200	Largura (mm)	300	Largura (mm)	300
Comprimento (mm)	300	Comprimento (mm)	400	Comprimento (mm)	400
Tara (kg)	0,720	Tara (kg)	1,630	Tara (kg)	2,580
Volume (l)	4,6	Volume (l)	9,0	Volume (l)	20,6

Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

As caixas plásticas, denominadas de KLT, deverão ter peso bruto máximo de 16 kg (caixa + peças + tampa), de forma a permitir movimentação manual.

As KLT's são armazenadas em prateleiras existentes dentro da célula, conforme Figura 6.

Figura 6: Prateleira de armazenamento



Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

Conforme Figura 6, prateleira são PRT's onde se armazenam caixas KLT's de itens de pequeno porte.

Há itens que chegam em embalagens *Tilt Rack*, assim denominadas, conforme Figura 7, que têm como característica dois níveis independentes entre si, usados para itens com alto consumo e de pequenas dimensões.

Figura 7: Embalagem *Tilt Rack*



Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

Este tipo de embalagem é bastante usado na questão de otimização de espaço no *layout*.

Outra forma de chegada de itens se dá de forma sequenciada, diretamente da área de primários, que é a área de fabricação dos itens, onde é feito o corte e a dobra de peças. Após, são carregados em carros Kit's, que são carros bandeja, conforme Figura 8.

Figura 8: Carro bandeja para itens sequenciados



Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

Carros bandejas, são utilizados no processo para sequenciamento de itens, para eliminar a necessidade de se ter uma embalagem de cada item no *layout*.

Há também itens que chegam carregados em carros base, conforme Figura 9, onde, nesses casos, armazenam-se peças de grande volume de produção ou peças grandes.

Figura 9: Carro base para itens grande volume



Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

Conforme pode ser visto na Figura 9, esse tipo de embalagem é de fácil utilização para o pessoal que faz a logística dos itens.

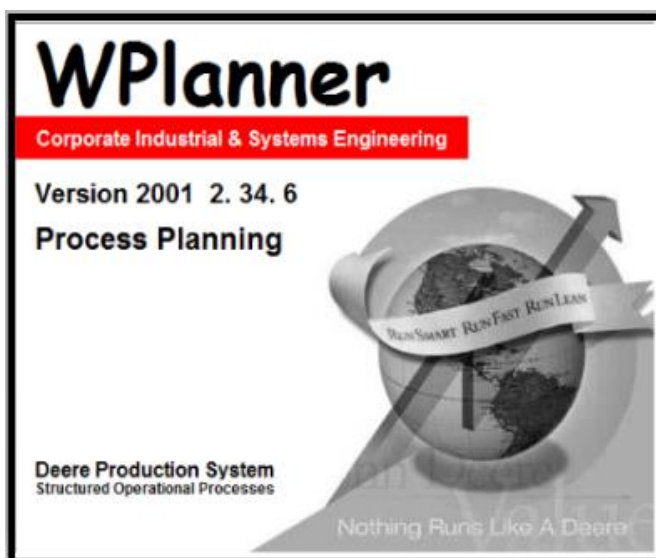
Os Itens são processadas sobre dispositivos de solda, onde acabam ganhando formas de conjuntos que possuem nomenclaturas baseadas em normas da empresa em questão.

4.2.2 Análise do *software* WPlanner

Todos os conjuntos soldados têm seus tempos definidos por um *software* corporativo chamado WPlanner e seguem uma sequência de produção para serem processados. O *software* WPlanner permite, aos engenheiros de manufatura, criar toda a sequência de eventos de cada conjunto a ser soldado, especificando detalhadamente todas as atividades e movimentações que são realizadas, desde o seu deslocamento para buscar os itens até a fabricação do produto final.

Conforme Figura 10, pode-se visualizar a interface do *software* citado, onde será possível ver como se alimentam os dados para se atingir os tempos necessários para a fabricação do conjunto soldado.

Figura 10: Interface do *software* WPlanner

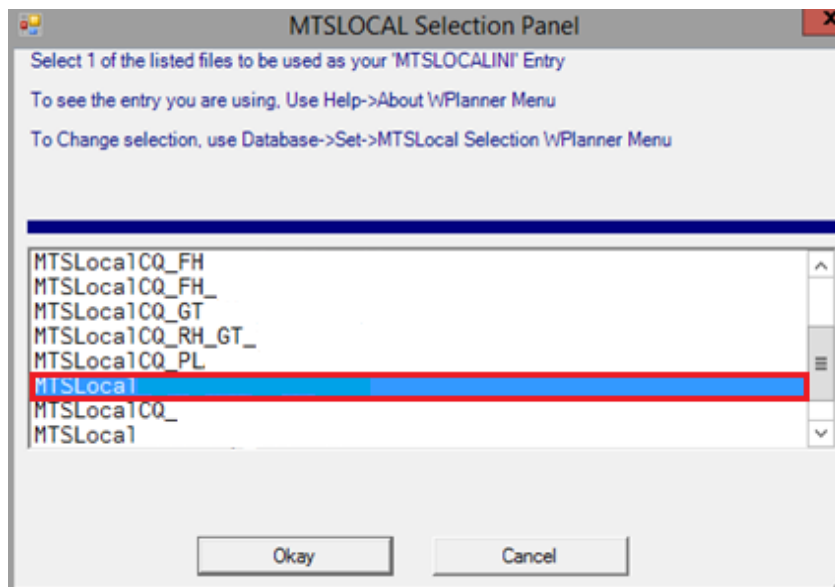


Fonte: *Software* corporativo da empresa pesquisada, (2018).

Esta é a interface do *software* que é usado para se ter os dados desejados para o processo.

O primeiro passo a ser realizado, após iniciar o *software* WPlanner, é selecionar no sistema a unidade na qual está o item que será alterado, conforme destacado na Figura 11.

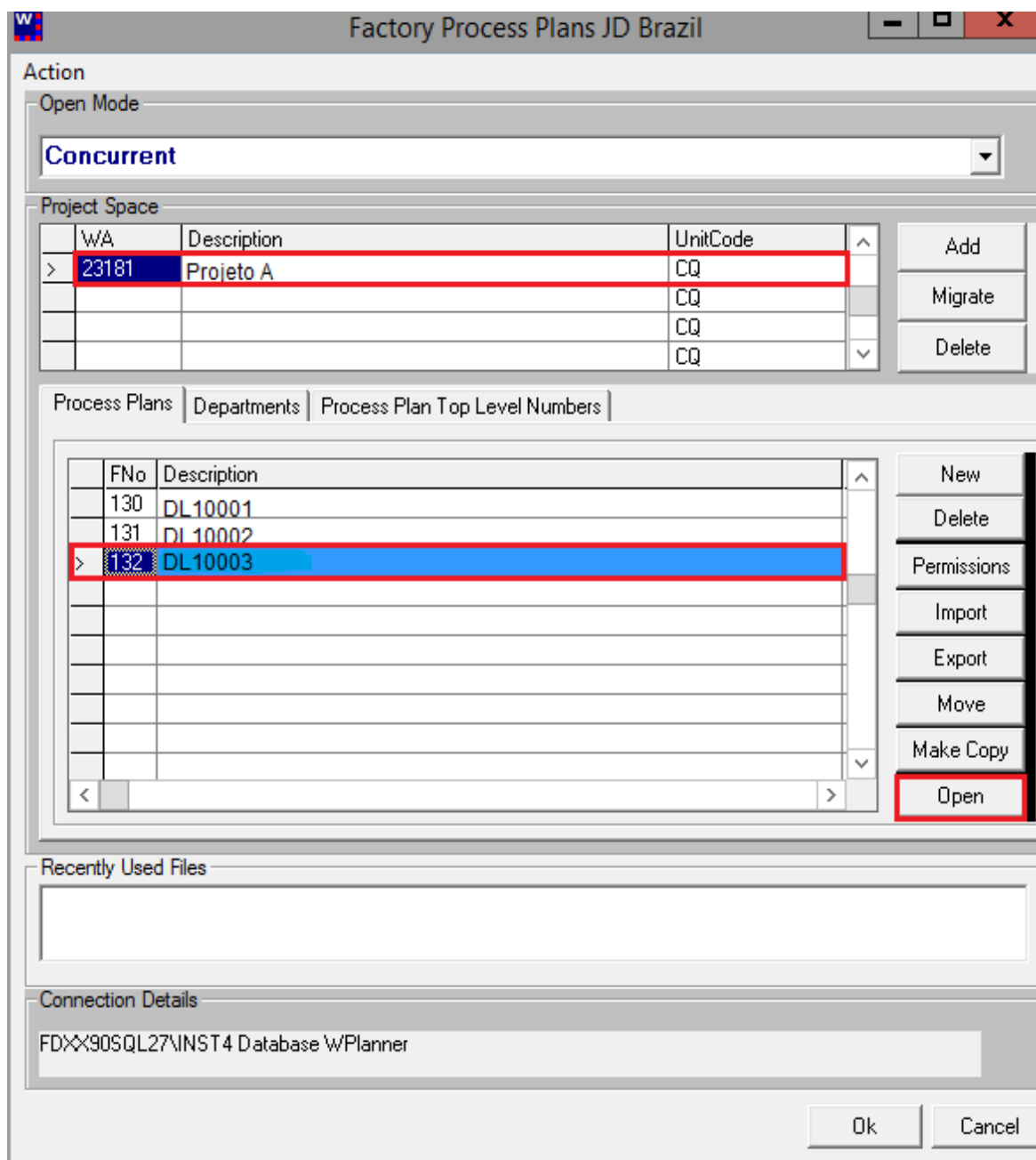
Figura 11: Unidade de trabalho do *software*



Fonte: Software corporativo da empresa pesquisada, (2018).

Em seguida, conforme Figura 12, é localizado a WA (*Work Área*) e o FNo (*File Number*) do item dentro do sistema. Estas duas informações são classificações dos itens, por exemplo, WA23181 indica que o item é referente a determinado projeto e o FNo corresponde ao código do conjunto dentro do projeto. Assim, através do botão *Open* é possível entrar no item selecionado, conforme Figura 12 pode ser observado.

Figura 12: Localização da WA e FNo



Fonte: Software corporativo da empresa pesquisada, (2018).

Após o item selecionado irá abrir outra janela do *software* onde existem as *TaskList* e *Task*.

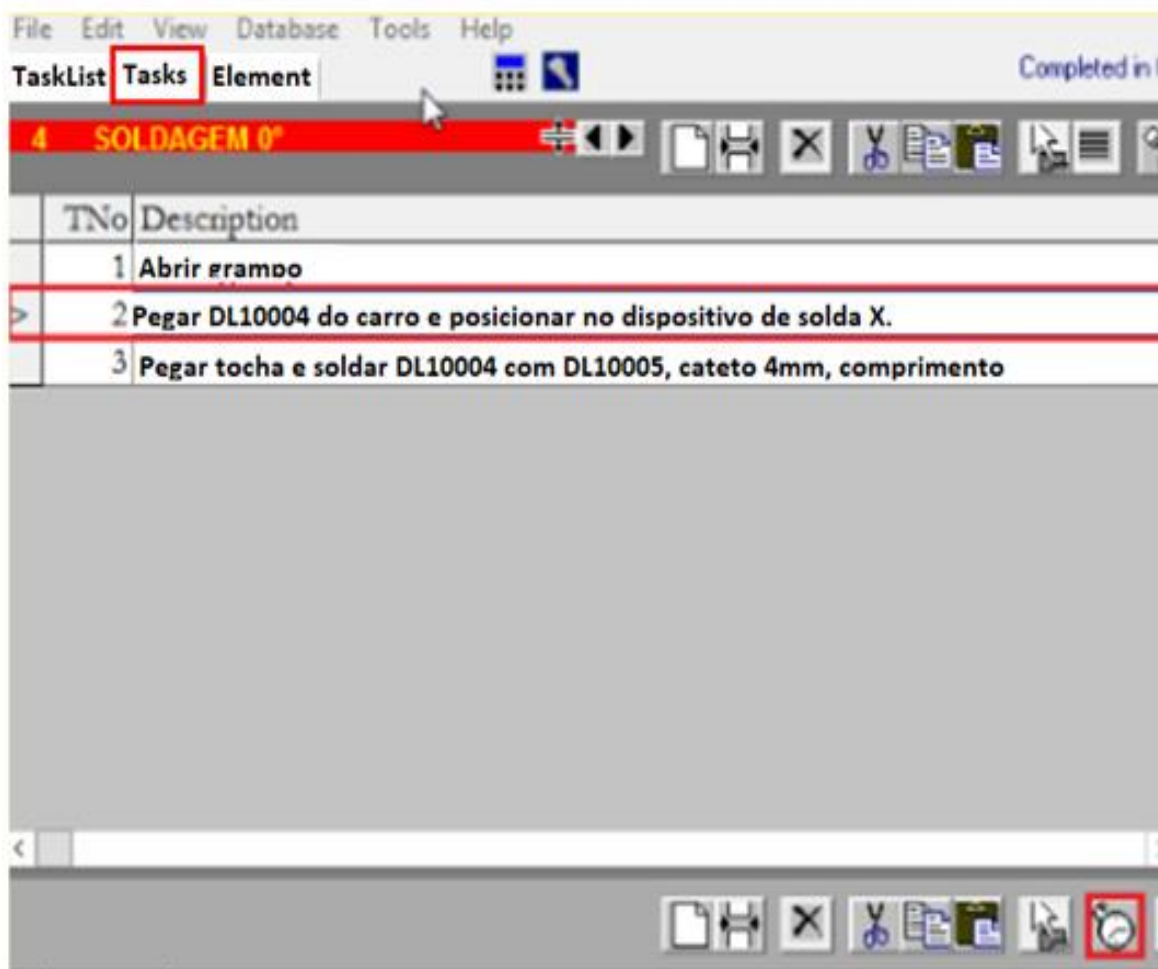
Segundo a Figura 13 é possível visualizar a *TaskList* no *software* que irá mostrar a sequência de operação do item escolhido, onde em azul está destacada uma das etapas (processo produtivo) pela qual o item passa.

Figura 13: *TaskList* do software

TLNo	Description	Group	Position	Location	TLID
1	MONTAR	Main	O°	IMD53416	3
2	SOLDAGEM 0°	Main	O°	IMD53416	4
3	SOLDAGEM 90°	Main	90°	IMD53416	5
4	SOLDAGEM 0°	Main	O°	IMD53416	6
5	DESCARREGAR	Main	O°	IMD53416	7

Fonte: Software corporativo da empresa pesquisada, (2018).

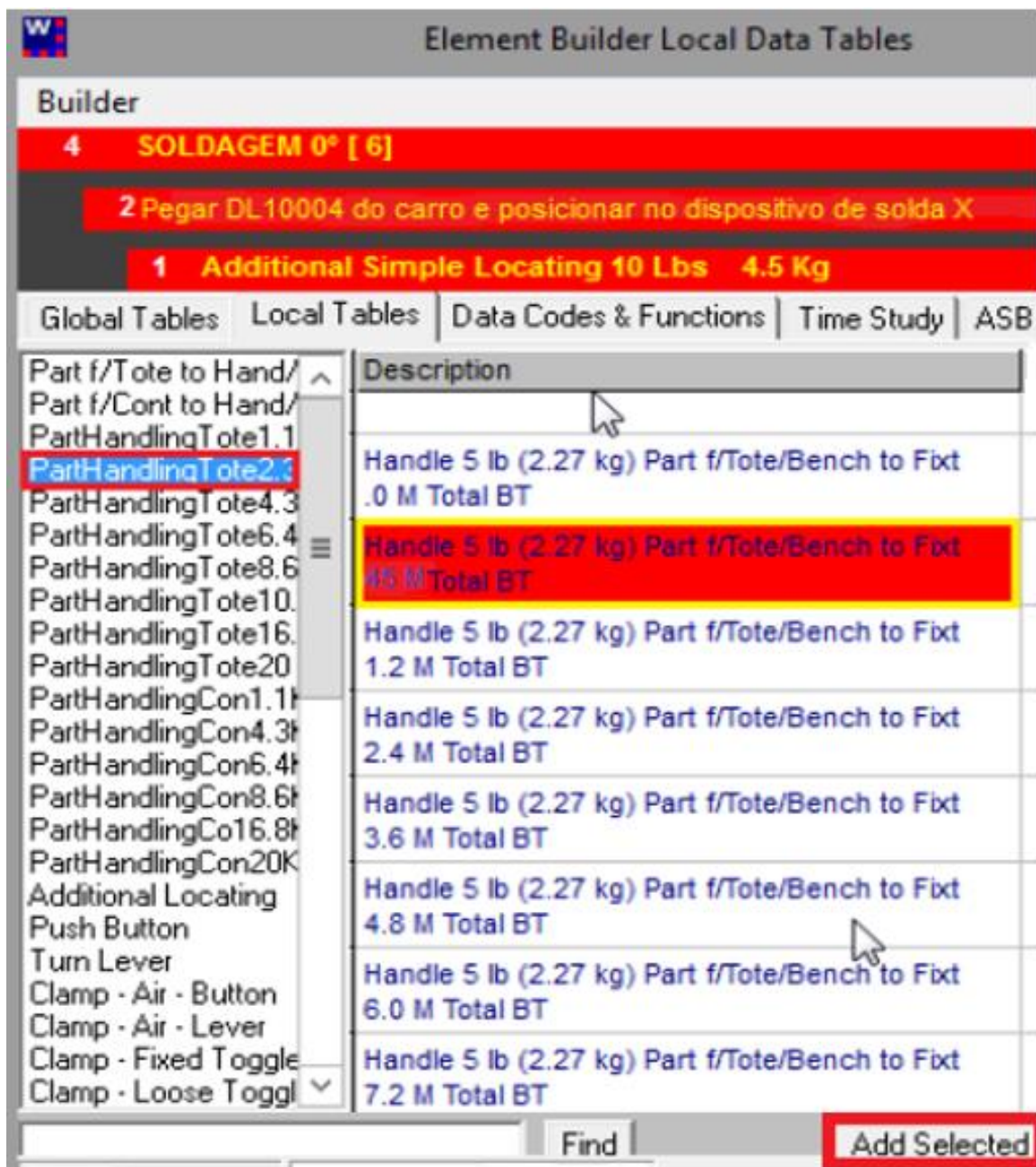
Na Figura 14 é possível visualizar as atividades da *Task* do conjunto escolhido, que estão dentro da *TaskList* selecionada, onde, em vermelho, está destacado um exemplo de como buscar o item num carro e posicionar no dispositivo. Portanto, estas *TaskList* permitem adicionar uma lista com todas as tarefas a serem realizadas e as *Tasks* são as próprias tarefas a serem executadas.

Figura 14: Atividade das *Tasks*

Fonte: *Software* corporativo da empresa pesquisada, (2018).

Conforme a Figura 15, para cada atividade executada, existem as configurações no *software* WPlanner, que são setadas conforme análises que precisam ser realizadas antes no processo, por exemplo: qual o peso do item, distância percorrida para pegar o item e a quantidade de itens. Com essas informações, analisa-se no *software*, o tempo de deslocamento para buscar determinado item.

Com as informações necessárias, o próximo passo, conforme Figura 14, é clicar no relógio destacado em vermelho, que irá abrir o campo de informações padrões mostrado na Figura 15, onde deve ser selecionada a atividade analisada, consoante informações do processo.

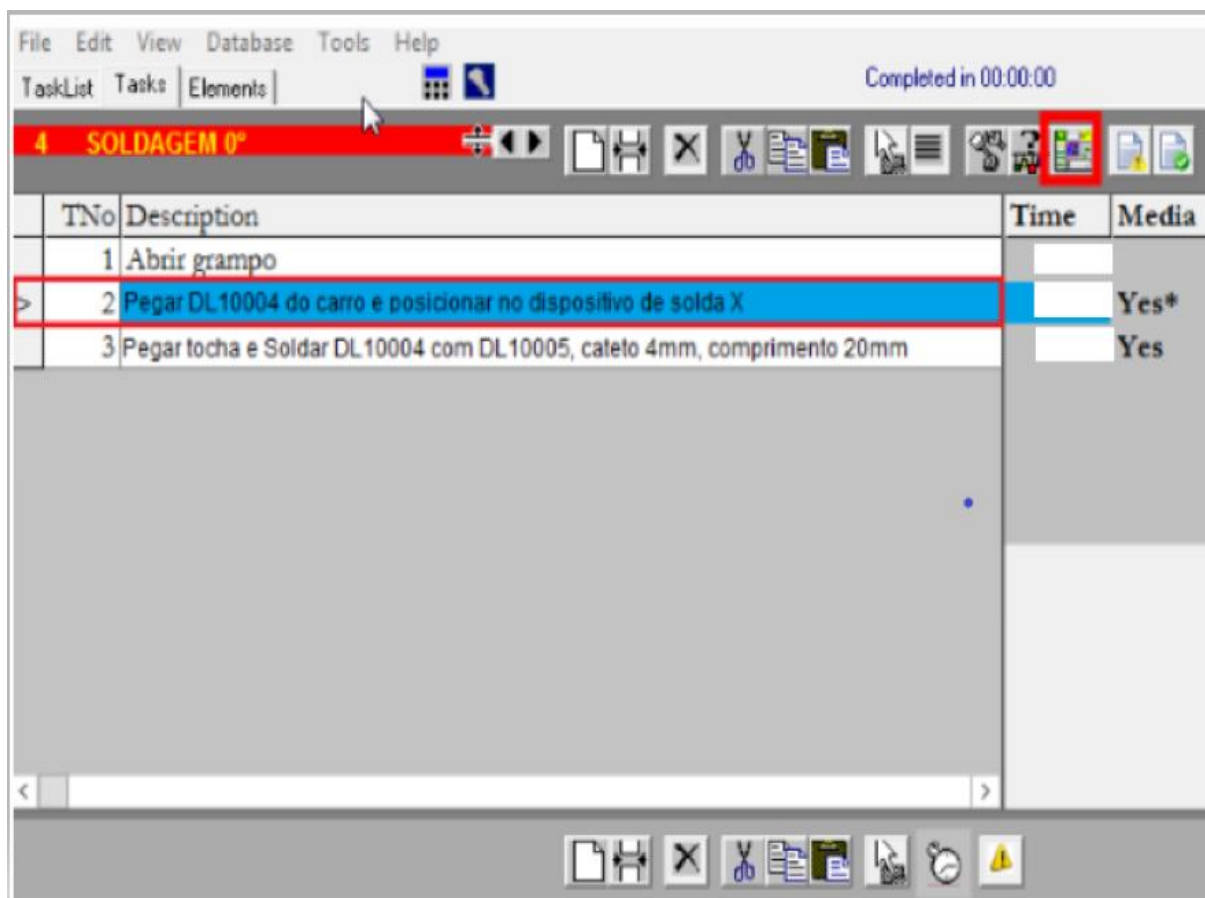
Figura 15: Selecionar tipo de atividade no *software*

Fonte: *Software* corporativo da empresa pesquisada, (2018).

Depois de selecionado o tipo de atividade, conforme Figura 15, precisa-se clicar em Adicionar atividade, com isso esta será direcionada ao tempo padrão para fazer parte do processo de fabricação daquele conjunto. Isto se aplica para cada atividade executada, onde é analisada no *software* que já traz direcionado um tempo padrão para cada atividade.

Em outra utilização importante do *software* (Figura 16) é possível criar imagens dos itens e do conjunto e salvar dentro do *software*, onde podem ser visualizados conforme mostra na sequência. Existe um campo que está selecionado em vermelho, que após escolhido irá abrir o desenho dos itens ou conjunto que será fabricado, ou seja, foi criado um desenho ilustrando quais itens formam o conjunto.

Figura 16: Acessar desenho do conjunto

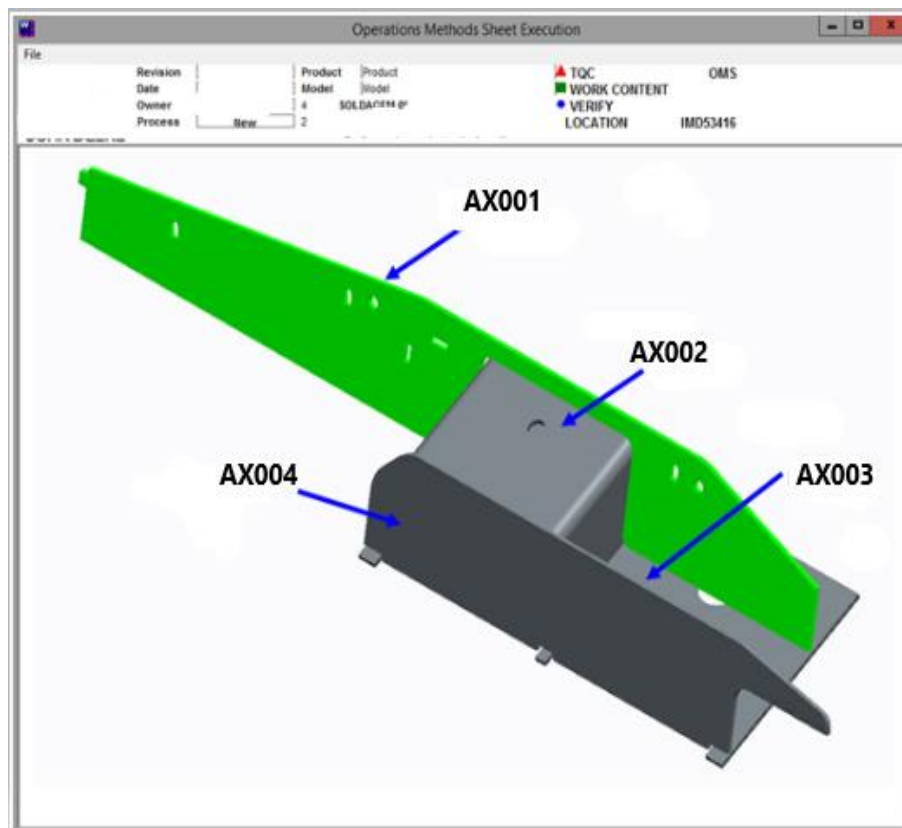


Fonte: *Software* corporativo da empresa pesquisada, (2018).

Essa parte do *software* mostrado na Figura 16 é bastante usada, pois ali se pode colocar várias imagens para ajudar na parte de visualização dos conjuntos.

Por sua vez, na Figura 17 é possível visualizar o desenho do conjunto com seus itens, que está cadastrado o *software* do WPlanner.

Figura 17: Desenho do conjunto



Fonte: Software corporativo da empresa pesquisada, (2018).

O desenho do conjunto auxilia o soldador a ter uma melhor visibilidade dos itens que ele necessita para fabricar o conjunto. Os itens após fabricados são armazenados sobre carros de aproximação ou *IPKs* para serem consumidas no processo seguinte.

4.2.3 Análise do desbalanceamento

O objetivo geral deste trabalho foi balancear os centros de trabalho da célula de soldagem. Deste modo, dentro desta análise realizada foram obtidos dados relevantes, conforme será apresentado abaixo.

Existe um desbalanceamento operacional, onde há muitos itens para serem fabricados na célula, tendo com isso a necessidade de incrementar um *Stand-By* (Retificador de solda), conforme Figura 18, para garantir a produção que se tem planejado.

Figura 18: Retificador de solda



Fonte: Elaborado pelo autor baseado nas informações da empresa, (2018).

Aparelho *Stand-By* é utilizado para recuperações de solda, que por alguma eventual ocasião não foram feitas no processo atual, pois somente deve ser usado para esse fim por não possuir sistema de exaustão de fumos ligado a ele.

Ao diagnosticar a oportunidade deste trabalho, evidenciou-se que existem muitas oportunidades de melhoria em seu processo. Associando o cenário atual com uma oportunidade para otimizar a célula e dar mais espaço aos itens manufaturados no local, realizaram-se atividades de melhorias com um balanceamento desenvolvido pelo pesquisador.

As primeiras observações e análises foram realizadas devido à necessidade de melhorar o local de trabalho. Nessa oportunidade se fez um estudo da capacidade deste centro de trabalho em atender a demanda planejada, onde foi levantada a quantidade de conjuntos que são fabricados nessa célula, conforme Quadro 4.

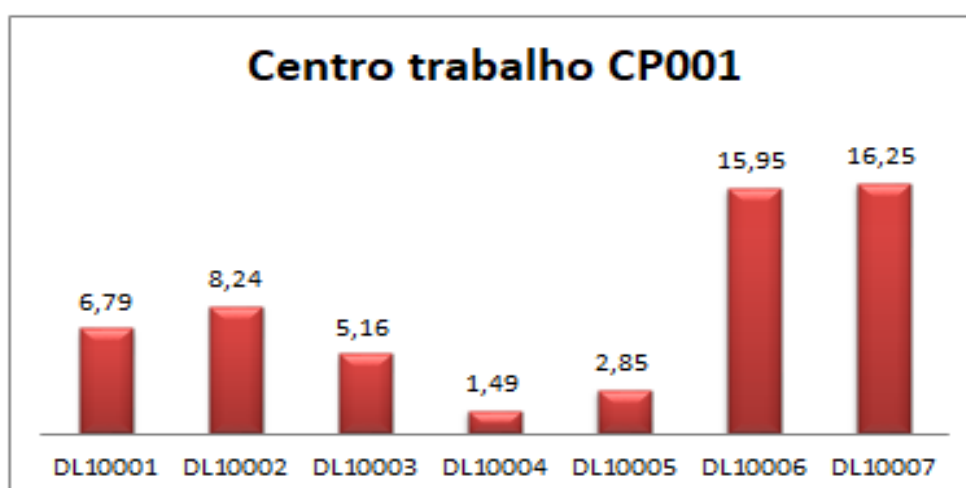
Quadro 4: Listas de conjuntos fabricados nessa célula

Conjunto	Qtd por máquina	Tempo Situação Atual (min)	Centro de trabalho
DL10001	1	6,79	CP001
DL10002	1	8,24	CP001
DL10003	1	5,16	CP001
DL10004	1	1,49	CP001
DL10005	1	2,85	CP001
DL10006	1	15,95	CP001
DL10007	1	16,25	CP001
KL10001	1	6,77	CP002
KL10002	1	1,6	CP002
KL10003	1	1,6	CP002
KL10004	1	1,15	CP002
KL10005	1	1,13	CP002
KL10006	1	8,27	CP002

Fonte: Elaborado pelo autor baseado nas informações da empresa, (2018).

De acordo com o Quadro 4 são 13 conjuntos fabricados nessa célula, onde foram analisados os tempos de fabricação de cada conjunto em seu centro de trabalho, conforme mostrado nos gráficos da Figura 19 e 20.

Figura 19: Gráfico dos tempos no centro de trabalho CP001

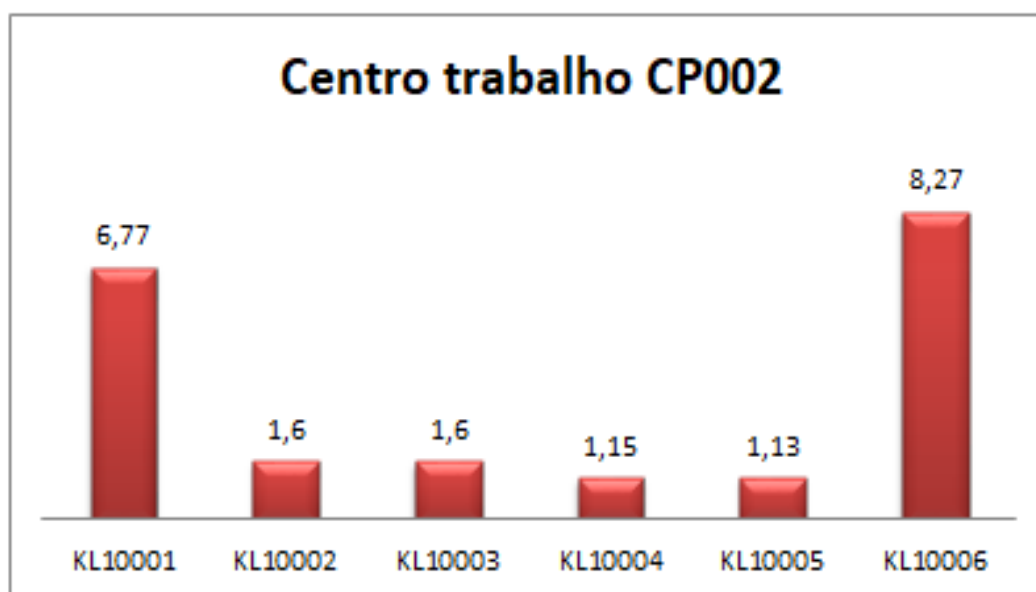


Fonte: Elaborado pelo autor baseado nas informações da empresa, (2018).

O gráfico da Figura 19 apresenta os sete conjuntos juntamente com os tempos de fabricação de cada conjunto no centro de trabalho CP001.

Na Figura 20 está destacado no gráfico os conjuntos do centro de trabalho CP002.

Figura 20: Gráfico dos tempos no centro de trabalho CP002

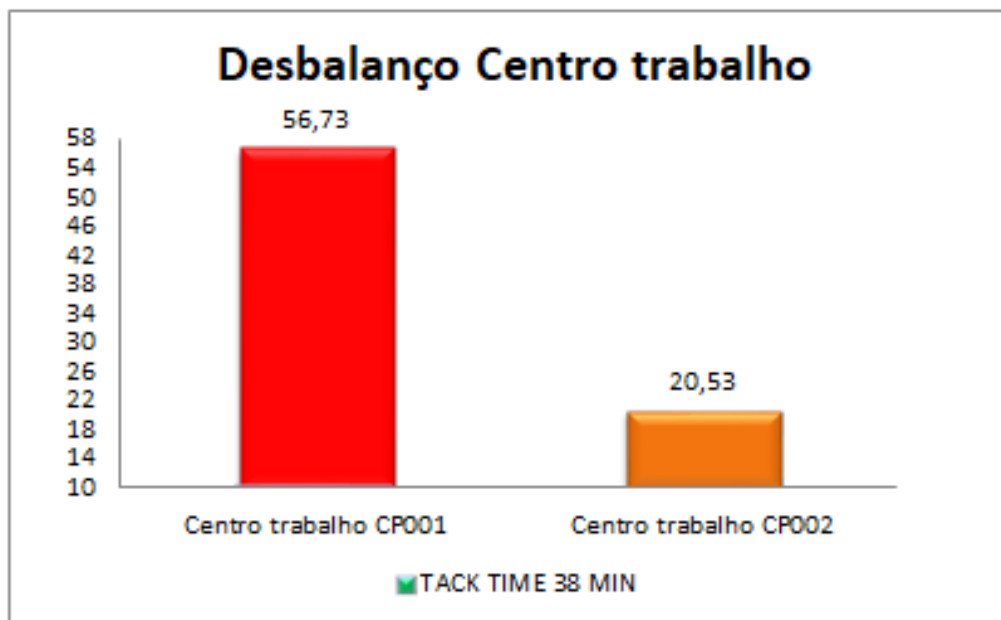


Fonte: Elaborado pelo autor baseado nas informações da empresa, (2018).

Neste gráfico estão representados os outros seis conjuntos, juntamente com os tempos de fabricação de cada conjunto no centro de trabalho CP002. Logo, foi notável que o balanceamento estaria fora dos conceitos de trabalho, conforme os procedimentos da empresa.

Através da Figura 21, pode ser visto no gráfico que há uma diferença bem considerável entre os dois centros de trabalho, onde o tempo no centro trabalho CP001 está com 56,73 minutos e no outro centro de trabalho CP002 está com 20,53 minutos.

Figura 21: Gráfico do desbalanço entre os centros de trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

Conforme representado na Figura 21, os dois centros de trabalho estão bem desbalanceados em relação ao *tack time* da linha que é de 38 minutos.

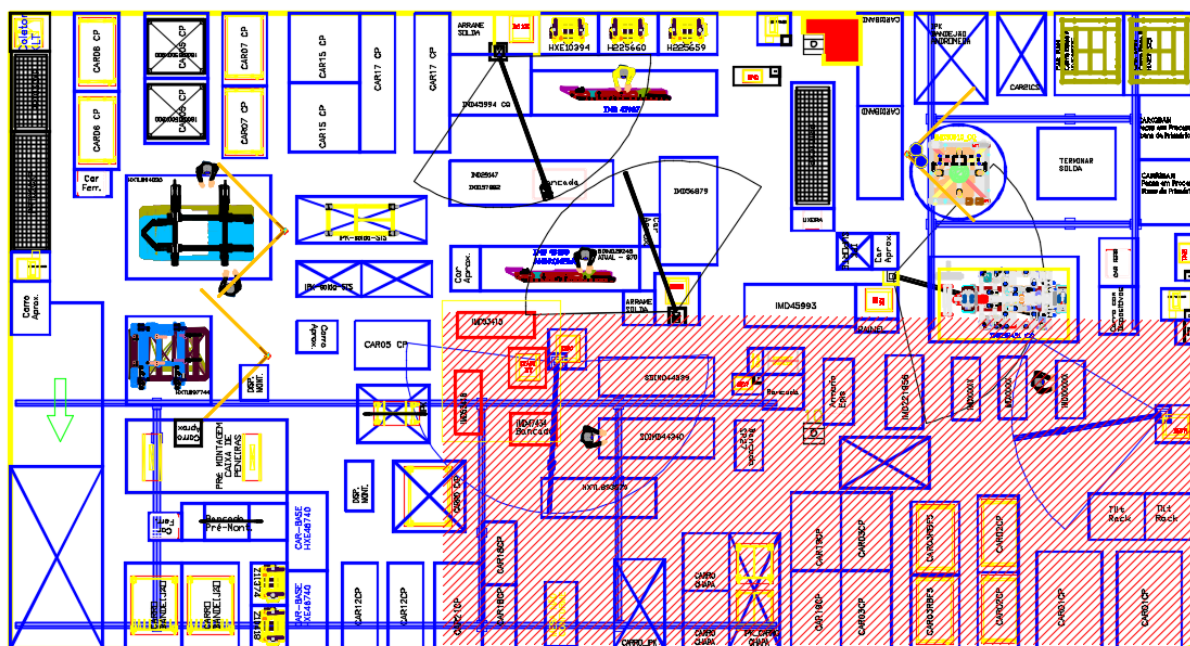
O pesquisador aplicou a filosofia “Oito Perdas” para a elaboração e aplicação dos conceitos desta ferramenta e elaborou um cronograma sobre as atividades a serem realizadas, que serão apresentadas nos próximos tópicos. O objetivo deste trabalho foi balancear a célula de soldagem e oportunizar uma maior aceitação dos colaboradores e entrega dos conjuntos soldados sem interrupções.

4.2.4 Análise do *layout*

Realizando a análise da célula utilizada, observou-se que a mesma contém uma metragem equivalente a 174 m² aproximadamente com 10 dispositivos de solda e mais duas bancadas de solda. Esse mesmo espaço é dividido com embalagens de diferentes tamanhos com peças e carros sequenciados, que seriam os carros Kits de peças, onde são armazenados itens na quantidade exata conforme precisa para fabricar certo conjunto.

Os espaços entre os carros e dispositivos também estavam bastante comprometidos para a circulação dos soldadores. A Figura 22 mostra o *layout* antigo e na parte hachurada mostra a célula, onde foi desenvolvido o trabalho.

Figura 22: *Layout* antigo da célula em estudo (hachurada)



Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

Conforme o *Layout* da Figura 22 está representada uma célula hachurada, onde nesse local são fabricados treze conjuntos. Desses três conjuntos são fabricados e fornecidos para a operação em outra célula.

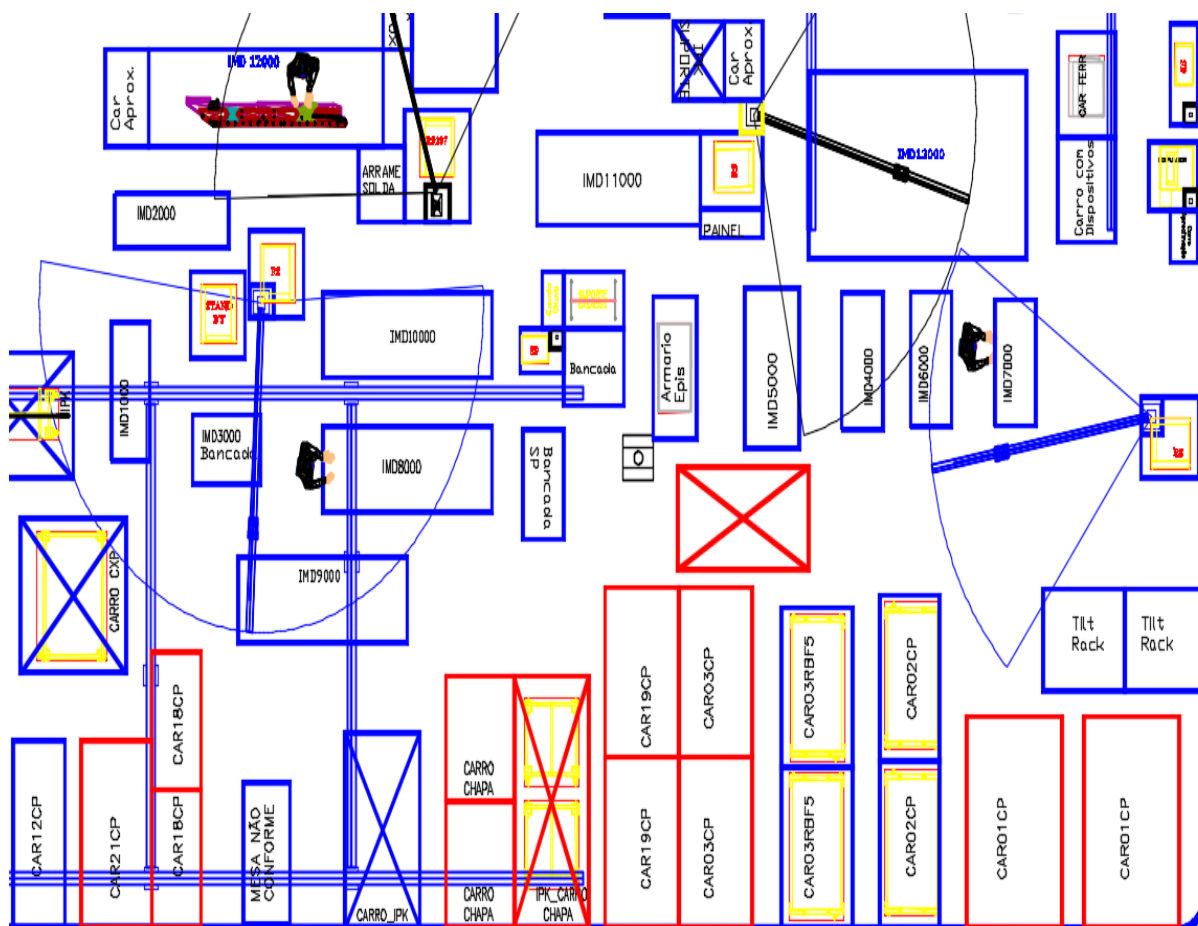
A Figura 23 representa a célula com os fluxos dos materiais, está ilustrada com linhas tracejadas em vermelho, que é o trajeto feito pelo soldador. O local onde é instalado o aparelho *Stand-By*, que é utilizado para o andamento das atividades, está demarcado em verde, ficando sob responsabilidade dos operadores da célula organizar os espaços dos materiais e dispositivos.

média, esse deslocamento, conforme Figura 5, era realizado aproximadamente 12 vezes ao dia.

Durante a análise, foi possível verificar a falta de espaço entre os carros de peças que são armazenados na célula, dificultando a retirada dos itens dos carros, onde se analisou que deveria ter um espaço mínimo por carro de 350 milímetros, pois esta seria uma distância que é exigida nas instruções de trabalho para a elaboração de *layout* e definida pela empresa estudada.

Na Figura 24 é possível perceber que a célula, juntamente com os carros de itens, não atende as recomendações da empresa. Os carros com problemas estão representados na cor vermelha na Figura 24.

Figura 24: *Layout* mostrando espaçamento entre os carros de itens



Fonte: Elaborado pelo autor baseado nas informações da empresa, (2018).

Como podem ser observados na Figura 24, os carros de itens, destacados em vermelho, não apresentam espaços suficientes entre eles para o soldador pegar os itens, podendo assim gerar algum tipo de acidente.

4.2.5 Análise das oito perdas

O pesquisador observou as oportunidades de melhoria baseando-se nas perdas de operação do processo de soldagem devido a diversos fatores. No Quadro 4 são relacionados os oito tipos de perdas do Sistema Toyota de produção, que foram evidenciadas dentro da célula de trabalho. Estes comprovam e permitem o monitoramento das perdas no processo.

Quadro 5: Perdas existentes no processo de soldagem

Causas Processos	Causa Provável	Causa Principal	Resultado da causa
Superprodução	Fabricação antecipada	Mix de produtos diferenciados	Demanda da produção
Espera	Equipamento em processo	Segurança operador	Ociosidade do operador
Transporte	Passagem das peças na área interna	Tempo limitado e restrição de espaço	Desperdício de tempo
Processamento	Tempo limitado	Restrição do equipamento e recurso	Projeto ruim de componentes e espaço
Estocagem	Antes e após da operação	Espaço restrito para conjuntos fabricados	Armazenamento excessivo
Movimentos	Pessoas, máquinas	Atividade N/A	Desorganização e baixa performance
Defeitos	Colisão das peças	Layout apertado	Não conformidade, acidente trabalho
Intelectual	Atender demanda	Desbalanceamento	Não atender planejado

Fonte: Elaborado pelo autor baseado nas informações da empresa, (2018).

No processo atual é notável que existe a perda em função de vários fatores, como buscar itens em embalagens distantes ou até mesmo ter que deslocar carros com itens para poder aproximar do ponto de uso.

4.3 PROPOSTA DE MELHORIA

Depois de realizada toda a análise do processo, bem como estudado o fluxo dos itens, o *layout*, os tempos e movimentos dos processos e os recursos, conforme foi detalhado anteriormente, a partir dos mesmos, o pesquisador em reunião com os supervisores e colaboradores apresentou os dados e propôs uma melhoria para a célula, visando melhorar o atendimento dos clientes internos, evitando transtornos operacionais e até uma possível parada por falta de componentes soldados.

O pesquisador, em reunião com os responsáveis pela célula, propôs a transferência de alguns conjuntos soldados, juntamente com seus dispositivos, para outro centro de trabalho, o qual somente tem 20,52 min de soldagem. Com esta alteração haveria dois centros de trabalho balanceados, atendendo assim a demanda da empresa, para que seus processos ocorressem conforme planejado e seus clientes tivessem um produto disponibilizado no seu local e na hora que necessitarem.

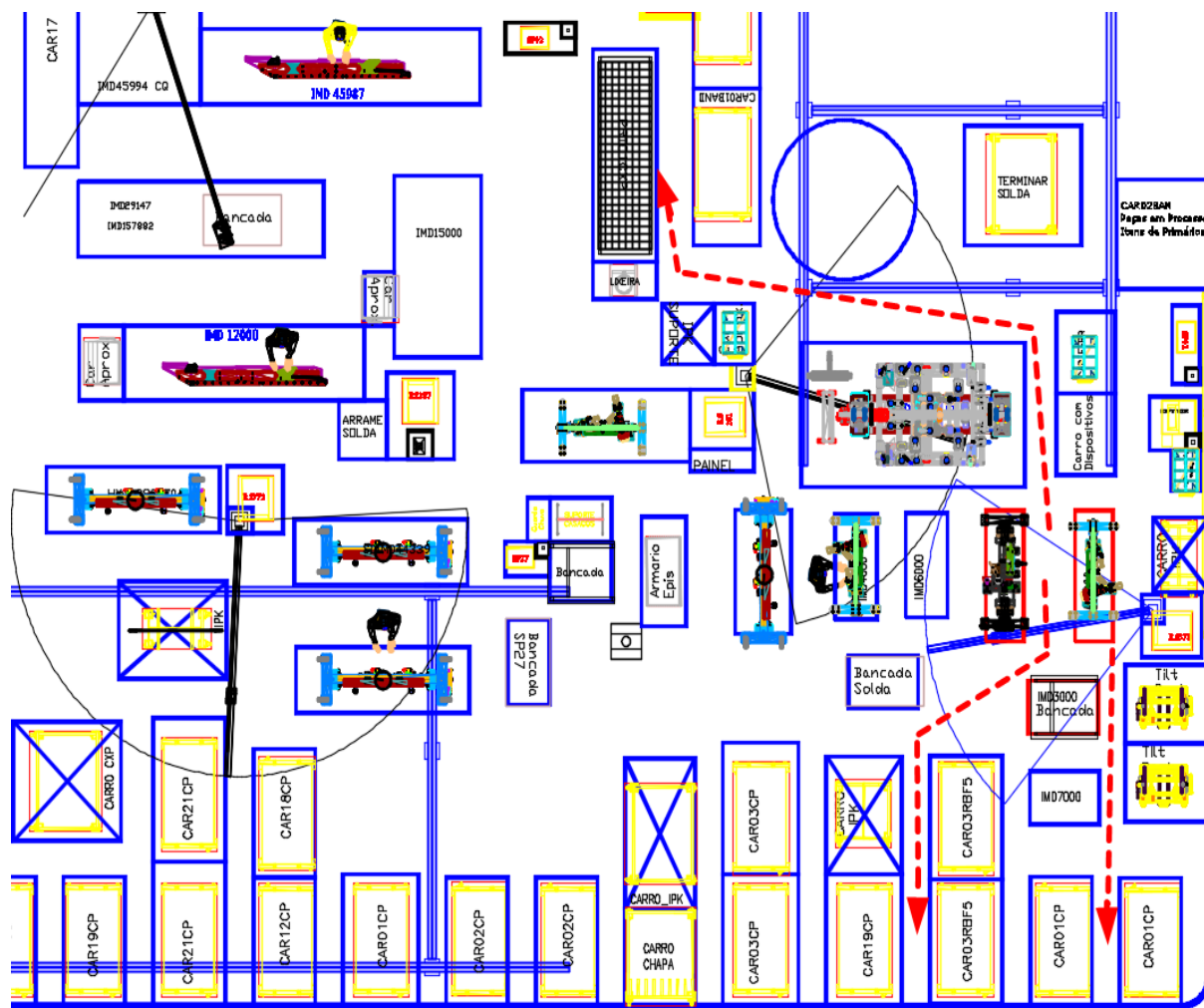
A proposta foi avaliada e, diante da análise dos resultados e ganhos esperados pela melhoria, a mesma foi aprovada pelos supervisores e colaboradores.

Deste modo, o pesquisador deu andamento a sua pesquisa para realizar a implementação da melhoria de acordo com os dados levantados e detalhados nos tópicos anteriores.

Dando sequência ao cronograma de atividades apresentado na metodologia no Quadro 3, o pesquisador através do *software* Autocad pôde configurar um novo *layout* que contribuiu com os ganhos apresentados. O novo *layout* será apresentado no tópico seguinte.

4.4 IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA

Com a alteração dos processos e adequação do *layout*, a célula terá uma nova imagem e também estará adequada dentro dos padrões da empresa, empregando uma melhor produtividade sem ter eventuais fatores contribuinte para quaisquer defeitos. A Figura 25 mostra o *layout* implementado e o novo fluxo dos itens.

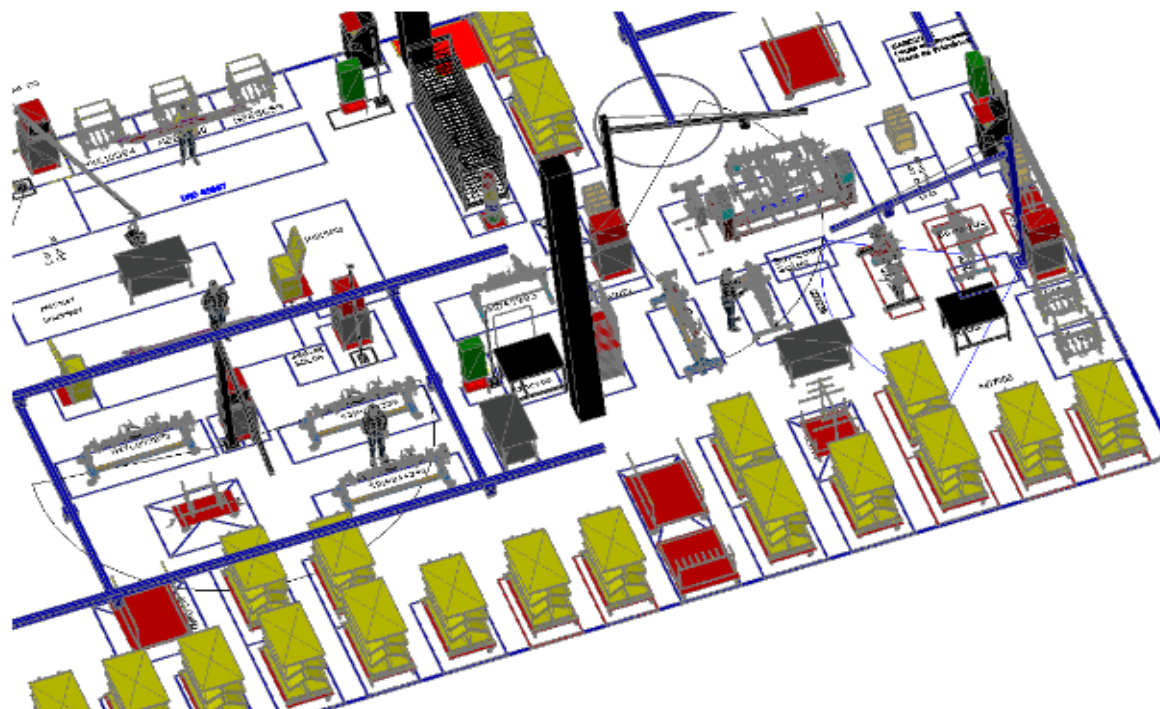
Figura 25: *Layout com novo fluxo*

Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

Com a implementação dessa mudança de *layout*, o fluxo ficou menor e teve grande satisfação dos soldadores, pois eles passariam a percorrer uma menor distância para adquirir as peças, aumentando sua produtividade e diminuindo deslocamento desnecessário.

Nas figuras 26 e 27 está apresentado o espaçamento que ficou entre os carros de itens, onde após os ganhos de área de 4,5 m² com a troca do CAR01CP por um menor, ficou um espaçamento entre carros de 450 milímetros, espaço ideal possibilitando pegar as peças.

Figura 26: *Layout* mostrando o espaçamento entre os carros

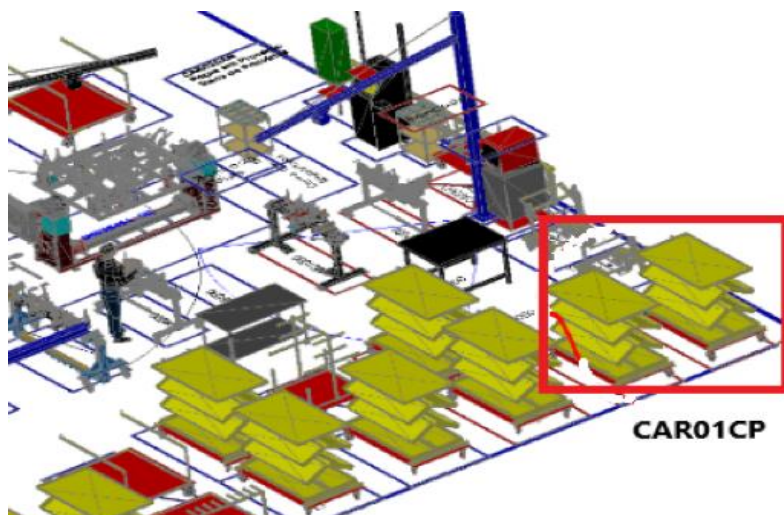


Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

Conforme pode ser visto no *layout* da Figura 26, o espaço que ficou entre os carros de itens contribui para uma melhor retirada dos itens.

Já na Figura 27 é possível ver a localização do carro kit que foi trocado por um menor.

Figura 27: *Layout* destacando o carro que foi trocado



Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

Conforme o *layout* da Figura 26 e 27 observa-se que os itens, as embalagens de entrada e de saída estão bem condicionadas e com espaços suficientes entre elas para uma circulação sem quaisquer problemas, portanto houve ganhos de área, conforme mencionado anteriormente, na troca do CAR01CP por um menor.

Na Figura 27 está destacado em vermelho o carro que foi trocado, onde o atual ocupava 10 m² foi substituído por um menor, que atualmente ocupa 5,5 m², tendo então um ganho de 4,5 m² de área para espaçar melhor os outros carros de peças. Através desse ganho foi possível deixar um espaço entre os carros de 450 milímetros, ficando dentro do especificado por projeto de *layout*.

Através dessa análise se confirma que o presente estudo alcançou o objetivo específico proposto em proporcionar melhor fluxo de materiais, diminuindo as perdas por movimentações, bem como a melhor alocação dos carros de itens no *layout*, proporcionadas as condições de trabalho seguras ao soldador.

4.5 BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO

No mês de setembro deste ano, se fez observações a fim de analisar a eficiência da melhoria dentro da célula, onde se obteve grandes ganhos, pois o novo cenário do *layout* da célula deixou o local mais organizado e com maior espaço de circulação entre os dispositivos de solda, atendimento da demanda na hora certa e o ponto de uso dos itens ficou mais próximo, diminuindo assim as movimentações.

Conforme Quadro 6 foi possível verificar que houve um ganho significativo de tempo sobre os três conjuntos, que foram transferidos para o outro centro de trabalho, devido ter sido melhorado o fluxo dos itens e também uma aceitação favorável, nivelando os dois centros de trabalho que havia um desbalanceamento de produtividade.

Quadro 6: Apresentação dos resultados

Conjunto	Qtd por maquina	Tempo Situação Atual (min)	Tempo Proposta (min)	Vantagens por conjunto
DL10001	1	6,79	5,69	Diminuiu 1,10 min
DL10002	1	8,24	7,19	Diminuiu 1,05 min
DL10003	1	5,16	4	Diminuiu 1,16 min

Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

Após as análises dos resultados apresentadas nos três conjuntos, pôde-se verificar que devido à mudança do *layout*, obteve-se a aproximação dos itens do ponto de uso e os dispositivos ficaram mais próximos dos itens, onde agora o soldador se desloca 25 metros para ir e voltar até a prateleira e para ir buscar os itens nos carros kits ele se desloca 20 metros para ir e voltar.

Sendo assim, o soldador não precisa mais se deslocar tanto para buscar os itens. Com isso, obteve-se um ganho de 3,31 minutos por máquina, considerando uma produção de 12 máquinas por dia, houve um ganho diário de 39,72 minutos nessa célula de solda.

No Quadro 7 é possível visualizar que os três itens foram passados para o centro de trabalho CP002, que tinha somente 20,52 minutos de atividades.

Quadro 7: Conjuntos passados para o centro de trabalho CP002

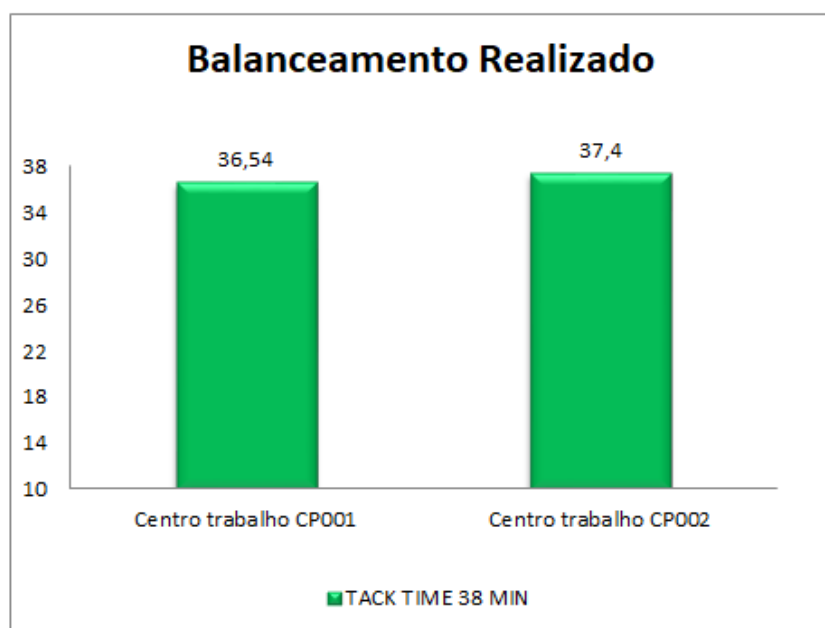
Conjunto	Qtd por máquina	Tempo Situação Atual (min)	Tempo Situação Implementada (min)	Centro de trabalho
DL10001	1	6,79	5,69	CP002
DL10002	1	8,24	7,19	CP002
DL10003	1	5,16	4	CP002
DL10004	1	1,49	1,49	CP002
DL10005	1	2,85	2,85	CP001
DL10006	1	15,95	15,95	CP001
DL10007	1	16,25	16,25	CP001
KL10001	1	6,77	6,77	CP002
KL10002	1	1,6	1,6	CP002
KL10003	1	1,6	1,6	CP002
KL10004	1	1,15	1,15	CP002
KL10005	1	1,13	1,13	CP002
KL10006	1	8,27	8,27	CP002

Fonte: Elaborado pelo autor baseado nas informações da empresa, (2018).

Com a mudança desses três conjuntos (destacados em amarelo no Quadro 7) para o centro de trabalho CP002, houve um acréscimo de 16,88 minutos de fabricação, somados aos 20,52 minutos existentes neste local, totalizando 37,4 minutos.

Na Figura 28 é possível visualizar como ficou o tempo em cada centro de trabalho, onde o CP001 ficou com 36,54 minutos e o centro de trabalho CP002 ficou com 37,4 minutos.

Figura 28: Gráfico com o tempo de cada centro de trabalho

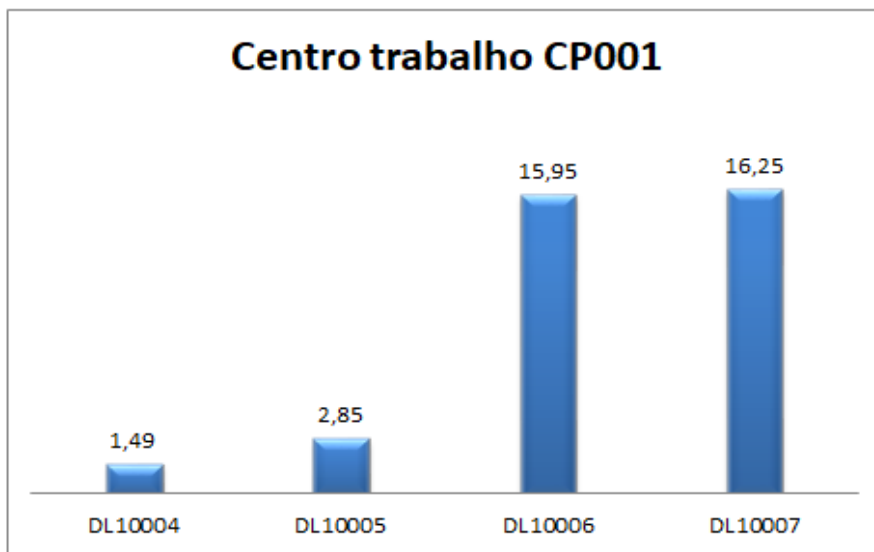


Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

Os dois centros de trabalho praticamente ficaram balanceados, ficando com o tempo abaixo do *tack time* que é 38 minutos nessa célula de soldagem.

Nas Figuras 29 e 30 é possível visualizar quais os conjuntos que ficaram em cada centro de trabalho, juntamente com os tempos de cada conjunto.

Figura 29: Gráfico dos conjuntos que ficaram no CP001

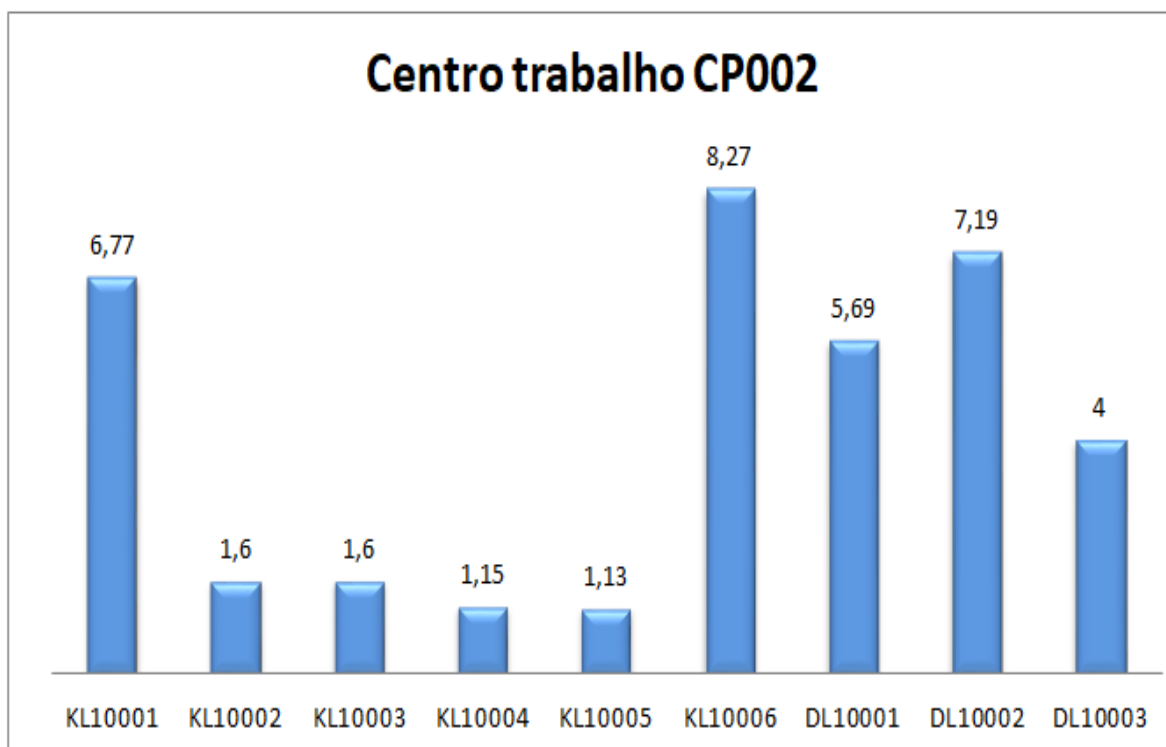


Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

Nesse centro de trabalho apenas quatro conjuntos serão fabricados, onde o tempo total deles será de 36,54 minutos.

Já na Figura 30, é possível ver que ficaram nove conjuntos.

Figura 30: Gráfico dos conjuntos que ficaram no CP002



Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

Nesse centro de trabalho CP002 os conjuntos somam um tempo de 37,4 minutos referente ao tempo de fabricação.

Com esse novo cenário, tem-se um padrão de trabalho baseado na demanda e que torna necessária a colaboração dos soldadores em seguir as diretrizes de operações para atender a produção.

CONSIDERAÇÃO FINAL

Inicialmente, vale destacar a importância desse estudo para a área de Engenharia de Produção, pois, diante das atividades realizadas, verifica-se que o balanceamento dos processos sempre trouxe grandes benefícios às empresas, tornando-as competitivas nos dias atuais.

Foi possível comprovar, por meio desse estudo, que o balanceamento entre os centros de trabalho é necessário e as alterações do *layout* precisam ocorrer em função do balanceamento.

Depois de realizadas todas as atividades do estudo proposto, onde se verificou que o objetivo geral proposto para essa pesquisa-ação era de balancear centros de trabalho para otimização dos recursos em uma célula de solda, foi atingido conforme pôde-se observar no tópico 4.2.3.

Ao que se refere aos objetivos específicos do estudo, concluiu-se que em relação ao primeiro objetivo específico, que foi de analisar os centros de trabalho mapeando os conjuntos, este foi alcançado conforme exposto no tópico 4.2.3, que apresenta além do desbalanceamento encontrado na célula, o tempo de movimentação dos itens.

No que se refere ao segundo objetivo específico de verificar o processo atual, analisando as atividades e tempos de produção de cada conjunto para validar as

alterações dos processos de soldagem, foi alcançado conforme especificado no tópico 4.2.3.

Em relação ao terceiro objetivo, que foi mapear as perdas em movimentações, identificando e analisando os fluxos de materiais utilizando a filosofia das “Oito Perdas” para evidenciar as melhorias provenientes das alterações do *layout*, o mesmo foi apresentado no tópico 4.2.5.

O quarto objetivo específico que foi analisar o *layout* atual com seus recursos e identificar benefícios a partir da implementação do *layout*, o resultado obtido pôde ser verificado no tópico 4.2.4.

No tocante ao objetivo de mapear os pontos críticos e balancear os centros de trabalho, utilizando a ferramenta WPlanner para otimização dos recursos, o mesmo pôde ser observado no tópico 4.2.2, que mostra o uso do *software* WPlanner, e os mapeamentos estão no Tópico 4.2.4.

Por fim, evidencia-se que, o sexto objetivo específico que foi propor e implementar um novo *layout* para balanceamento dos centros de trabalho, este foi cumprido, conforme destacado no tópico 4.4.

Vale destacar ainda que o pesquisador, por meio de observações, verificou que a implementação do balanceamento entre os dois centros de trabalho e a mudança no *layout* contribuíram para o aumento da satisfação dos soldadores, uma vez que os mesmos não precisam mais se deslocar a uma grande distância para buscar os itens necessários a produção, bem como se obteve uma melhor organização dos dispositivos de solda e eliminou-se a necessidade da utilização do aparelho *Stand By*.

Ainda cabe destacar que a implementação dos objetivos proporcionou à empresa o atingimento da sua capacidade de produção diária de 12 máquinas, deixando os dois centros de trabalho praticamente balanceados com suas atividades dentro do *Tack Time* de 38 minutos, além da redução das movimentações dos itens dentro da célula de solda.

Por fim, a importância desta pesquisa para fins acadêmicos foi desenvolver a metodologia estudada referente ao balanceamento e às modificações de arranjos

físicos para que seja possível alcançar os objetivos estabelecidos, bem como aplicar na prática os conceitos estudados teoricamente ao longo do curso, onde foram realizadas análises e verificada qual a melhor alternativa para atacar um problema, proporcionando maior rentabilidade à empresa, além de maior qualidade aos seus processos e produtos.

REFERÊNCIAS

- AHLSTRÖM, P. Sequences in the implementation of *lean* production. **European Management Journal**, v. 16 n. 3, 1998.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.
- BERNARDES, C; MARCONDES, R. C. **Teoria Geral da Administração – Gerenciando Organizações**. 3 ed. São Paulo, 2006.
- CHASE, R. B.; AQUILANO, N. J.; JACOBS, F. R. **Administração da Produção para a vantagem competitiva**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- CHRISTENSEN et al. **O Arranjo Físico como Fator Influyente no Clima Organizacional dos Trabalhadores**. In: CONGRESSO NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO, 2007, Ponta Grossa. Anais... Paraná, 2007.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e de operações**. Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. São Paulo: Atlas, 2012.
- D'AGOSTINI, M.; SARTOR, R. S.; TISOTT, P. B.; TONDOLO, V. A. G.; CAMARGO, M. E. **Escolha do arranjo físico de produção: o caso da Metalices Indústria Metalmeccânica**. Revista ALCANCE Eletrônica ISSN: 1983-716X. v. 21; n. 02 Abr./Jun.-2014. Disponível em <<http://goo.gl/OyY5AE>> Acesso em: 09 out.2018.
- DESLANDES, S. F. 1996. Pesquisa social: teoria, método e criatividade. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 1996.
- DE TRÉVILLE, S.; ANTONAKIS, J. Could *lean* production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational and levels-of-analysis issues. **Journal of Operations Management**, v.24, n.2, 2006.
- FERDOWS, K.; DE MEYER, A. Lasting improvements in manufacturing performance: in search of a new theory. **Journal of Operations Management**, v. 9, n. 2, 1990.
- FIGUEIREDO, F. J. S., OLIVEIRA, T. R. C., SANTOS, A. P. B. M. Estudo de tempos em uma indústria e comércio de calçados e injetados LTDA. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2011. **Anais eletrônicos...Belo Horizonte**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_135_855_19103.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.
- FURLANI, K. **Estudos de Tempos e Métodos**. Disponível em: <http://www.kleberfurlani.com/2011/01/estudo-de-tempos-e-metodos_5257.html> Acesso em: 09 out.2018.

GHINATO, P. **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**. 2 Ed. Recife, 2000.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HINES, P.; FOUND, P.; GRIFFITHS, G.; HARRISON, R. **Staying Lean: Thriving, Not Just Surviving**, Innovative Manufacturing Research Centre, Cardiff University, Cardiff, 2008.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de informação**. 4 ed. Rio de Janeiro, 1999.

LEE, Q. **Facilities and workplace design: an illustrated guide**. Norcross Georgia: Engineering & Management Press, Institute of Industrial Engineers, 1996.

LEWIS, M. A. *Lean production and sustainable competitive advantage*. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n. 8, 2000.

LIN, Z.; HUI, C. Should *lean* replace mass organisation systems? A comparative examination from a management coordination perspective. **Journal of International Business Studies**, v. 30, n. 1, 1999.

MARCONI, M. A. de; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, G.P; LAUGENI, P.F. **Administração da Produção**. Saraiva. São Paulo, 1999.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração: da revolução urbana à revolução digital**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Atlas, 2002.

MORGAN, J.; LIKER, J. K. **Toyota's Product Development System: Integrating People, Process and Technology**. New York: Productivity Press, 2006.

MOURA, R. A.; BANZATO, J. M. **Jeito Inteligente de Trabalhar: 'Just-in-Time' a reengenharia dos processos de fabricação**. São Paulo: IMAM, 1994.

MUTHER, R. **Planejamento do layout: sistema SLP**. São Paulo: Edgard Blucher, 1978.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Tradução de Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OHNO, T.; SHINGO, S.; TOYODA, E. **Como evitar os 8 desperdícios da produção**. Disponível em: <<http://www.escolaedti.com.br/8-desperdicios-em-empresas>> Acesso em: 09 out.2018.

OHNO, T. **Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production**. Portland, OR: Productivity Press, 1988.

OLIVEIRA, D. P. R. **Sistemas de informação gerenciais: estratégias, táticas, operacionais**. 8 ed. São Paulo: Atlas, 1992.

OLIVEIRA, D. P. R. **Sistemas, organizações e métodos: uma abordagem gerencial**. 13 ed. São Paulo, 2002.

PADOVEZE, C. L. **Contabilidade gerencial: um enfoque e sistemas de informação contábil**. São Paulo: Atlas, 1997.

PASA, G. S. **Uma abordagem para avaliar a consistência teórica de sistemas produtivos**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicenp, 2007.

PRADO, D. **Planejamento e controle de projetos**. INDG. Nova Lima, 2004.

RICH, N.; BATEMAN, N.; ESAIN, A.; MASSEY, L.; SAMUEL, D. **Lean Evolution: Lessons from the Workplace**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

ROCHA, D.R. **Balanceamento de linha** – Um enfoque simplificado: material preparado por Duílio Reis da Rocha em 2005. Disponível em <<http://www.fa7.edu.br/rea7/artigos/volume2/artigos/read3.doc>> Acesso em: 10 out 2018.

SHINGO, S. **A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint**. [S.l.]: Productivity Press, 1981.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Tradução de Eduardo Schaan. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2 Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOBEK, D.K. II; WARD, A.C.; LIKER, J.K. Toyota's principles of set-based concurrent engineering. **Sloan Management Review**, v. 40, n. 2, 1999.

SPEAR, S.; BOWEN, H.K. Decoding the DNA of the Toyota production system. **Harvard Business Review**, v. 77, n. 5, 1999.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 14 ed. São Paulo: Cortez, 2005.

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

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção**: teoria e prática. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TUBINO, D. F. **Sistemas de produção**: a produtividade no chão de fábrica. Porto Alegre: Bookman, 1999.

UHLMANN, G. W. **Administração**: Das Teorias Administrativas à Administração Aplicada Contemporânea. São Paulo, 1997.

WACKER, J. G. A theory of formal conceptual definitions: developing theory-building measurement instruments. **Journal of Operations Management**, v.22, n.6, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean thinking**: Banish waste and create wealth in your corporation. New York: Simon & Schuster, 1996.

WOMACK, J.; JONES, D. – **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**. Editora Campus, 5 ed, Rio de Janeiro, 2004.