



**Patrick Turra**

**Wagner Augusto Turra**

**ESTRUTURAÇÃO DA METODOLOGIA DIDÁTICA SOBRE MANUFATURA  
ENXUTA EM UM LABORATÓRIO DE ENSAIOS NO CURSO DA ENGENHARIA  
DE PRODUÇÃO: PROJETO LaPOP**

Horizontina-RS

**2018**

**Patrick Turra**

**Wagner Augusto Turra**

**ESTRUTURAÇÃO DA METODOLOGIA DIDÁTICA SOBRE MANUFATURA  
ENXUTA EM UM LABORATÓRIO DE ENSAIOS NO CURSO DA ENGENHARIA  
DE PRODUÇÃO: PROJETO LaPOP**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção na Faculdade Horizontina, sob orientação do professor Sirnei César Kach, Me.

**Horizontina-RS**

2018

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

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

**“Estruturação da metodologia didática sobre manufatura enxuta em um laboratório de ensaios no curso da engenharia de produção: projeto LaPOP”**

**Elaborado por:**

**Patrick Turra  
Wagner Augusto Turra**

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

Aprovado em: 06/12/2018  
Pela Comissão Examinadora

---

Mestre. Sirnei Cesar Kach  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

---

Mestre. Marcelo Blume  
FAHOR – Faculdade Horizontalina

---

Mestre. Eloiir Fernandes  
FAHOR – Faculdade Horizontalina

**Horizontalina - RS  
2018**

## RESUMO

A busca pela otimização dos resultados de uma organização é cada vez mais necessária tendo em vista o aumento da competitividade e consequente exigência dos consumidores. Nessa perspectiva, a manufatura enxuta busca reduzir custos e aumentar a qualidade dos produtos através de ferramentas. Para tanto, as pessoas são de fundamental importância para a implementação e, principalmente, manutenção da manufatura enxuta e da melhoria contínua nas organizações. Pensando em qualificar as pessoas e, demonstrar a elas os benefícios da aplicação do *lean manufacturing*, este trabalho tem o objetivo de estruturar um método didático para a realização de treinamentos utilizando conceitos da manufatura enxuta, através da simulação de uma linha de montagem com a produção de uma mini colheitadeira. Como resultado, é apresentado o projeto e desenvolvimento do produto (mini colheitadeira), a estruturação do treinamento, a aplicação dos conceitos e ferramentas do *lean manufacturing* e a análise da evolução da aplicação destas ferramentas na produção simulada do produto desenvolvido, através de indicadores. Diante disso, é possível observar uma maior absorção das ferramentas e de seus ganhos quando aplicadas, visto que com a tomada dos indicadores após cada rodada prática e a evolução dos mesmos, fica evidenciado os benefícios da utilização de ferramentas da manufatura enxuta. Também, a partir dessas evidências, o conceito da metodologia 70, 20, 10, onde 70% da absorção de conteúdos acontece de forma prática justifica a aplicabilidade do treinamento.

**Palavras-chave:** *Lean Manufacturing*. Metodologia Didática. Eliminação de Desperdícios.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de mapa de fluxo de valor .....	25
Figura 2: Representação do ciclo básico de investigação-ação.....	29
Figura 3: Matriz morfológica .....	33
Figura 4: Modelamento 3D da concepção final do produto .....	34
Figura 5: Perspectiva explodida do produto em 3D.....	35
Figura 6: Fluxo do processo produtivo .....	36
Figura 7: Perspectiva explodida fixação de rebite no componente CA_01 .....	37
Figura 8: Produto final .....	38
Figura 9: Layout da disposição inicial dos postos de trabalho .....	39
Figura 10: Passo a passo para aplicação. ....	44
Figura 11: Gráfico tempo de ciclo X takt time de cada posto .....	49

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tomada de tempos da simulação.....	47
Quadro 2 - Controle de indicadores.....	49

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
1.1 TEMA .....	11
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	11
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA .....	12
1.4 HIPÓTESES.....	13
1.5 JUSTIFICATIVA .....	13
1.6 OBJETIVOS .....	14
1.6.1 Objetivo geral .....	14
1.6.2 Objetivos específicos.....	14
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	15
2.1 <i>LEAN MANUFACTURING</i> .....	15
2.2 DESPERDÍCIOS DA PRODUÇÃO.....	16
2.2.1 Superprodução.....	16
2.2.2 Espera.....	17
2.2.3 Transporte desnecessário .....	17
2.2.4 Superprocessamento .....	17
2.2.5 Excesso de estoque .....	18
2.2.6 Movimentos desnecessários .....	18
2.2.7 Defeitos .....	18
2.2.8 Desperdício de criatividade dos funcionários .....	19
2.3 OS CINCO PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA.....	19
2.3.1 Especificação de valor.....	19
2.3.2 Identificação da cadeia de valor .....	19
2.3.3 Fluxo de valor.....	20
2.3.4 Produção puxada .....	20
2.3.5 Busca da perfeição.....	20

2.4 FERRAMENTAS DO <i>LEAN MANUFACTURING</i> .....	21
2.4.1 5s .....	21
2.4.1.1 Seiri (senso de utilização) .....	21
2.4.1.2 Seiton (senso de organização) .....	22
2.4.1.3 Seiso (senso de limpeza) .....	22
2.4.1.4 Seiketsu (senso de padronização) .....	22
2.4.1.5 Shitsuke (autodisciplina).....	23
2.4.2 Kanban .....	23
2.4.3 Melhoria Contínua (Kaizen).....	23
2.4.4 Mapa de Fluxo de Valor (MFV) .....	24
2.4.5 Sistemas à prova de erros (Poka Yoke) .....	25
2.4.6 Produção Puxada ( <i>Just in time</i> ) .....	26
2.4.7 Indicadores de desempenho .....	27
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>29</b>
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	29
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS .....	31
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>32</b>
4.1 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO .....	32
4.2 ESTRUTURAÇÃO DOS POSTOS DE TRABALHO .....	38
4.3 ESTRUTURAÇÃO DA METODOLOGIA DE APLICAÇÃO PRÁTICA .....	42
4.3.1 Primeira rodada .....	45
4.3.2 Segunda rodada.....	45
4.3.3 Terceira rodada .....	46
4.3.4 Quarta rodada .....	47
4.4 INDICADORES .....	49
4.4.1 Unidades conformes e unidades não conformes .....	50
4.4.2 Unidades retrabalhadas .....	51
4.4.3 Materiais em processo ( <i>WIP</i> ) .....	51
4.4.4 <i>Lead Time</i> e <i>Takt Time</i> .....	52

4.4.5 Acidentes.....	52
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICE A – COMPONENTES DO PRODUTO .....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE B – INSTRUÇÕES DE TRABALHO DOS POSTOS DE MONTAGEM .....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A competitividade na qual as organizações atualmente estão inseridas reforça a necessidade de possuírem processos enxutos. Este cenário impulsionou o surgimento de novas técnicas organizacionais e transformações no cenário produtivo a fim de entregar produtos e serviços com maior qualidade e menor preço, além da constante necessidade de redução de custos e da otimização dos níveis de produtividade. Tudo isso sem prejudicar a segurança e saúde dos trabalhadores, além de garantir a satisfação de seus clientes e desta forma, atender da melhor maneira possível as exigências do mercado.

Conforme o panorama apresentado anteriormente, uma das metodologias utilizadas para alcançar esses objetivos de eficiência é o *lean manufacturing*, Sistema Toyota de Produção (STP) ou Manufatura Enxuta. Este sistema, segundo Riani (2006), tem o intuito de produzir mais com menos. Levar ao cliente os produtos e serviços de acordo com suas necessidades utilizando menos recursos, como mão de obra, equipamentos, tempo e espaço. O termo "*Lean*" foi inicialmente abordado no livro "A Máquina que Mudou o Mundo" de Womack, Jones e Roos, publicado nos EUA em 1990, em que são citadas as vantagens do desempenho do Sistema Toyota de Produção, como as grandes diferenças em produtividade, qualidade e desenvolvimento de produtos. Além disso, analisa a utilização do sistema pela indústria japonesa e seu sucesso após a sua implementação.

A produção enxuta engloba conceitos e ferramentas para a melhoria contínua da organização e de sua produção. É uma gestão produtiva, que se adequa às mudanças que ocorreram nos últimos anos, principalmente em relação às indústrias. Promove rapidez na produção, otimização na linha de fabricação e qualidade aos produtos desenvolvidos. Dessa forma, cria uma vantagem competitiva para as empresas que são adeptas a este sistema (ROTHER e SHOOK, 1999).

A implementação de novos produtos, novos processos, a contratação de novos funcionários e sua rotatividade, são algumas causas para a criação de atividades que não agregam valor, necessitando, desta forma, de ações de otimização. Essas atividades que não agregam valor são extremamente prejudiciais

quando observamos o mundo globalizado e a crescente competitividade entre as organizações.

Para tanto, cada vez mais é necessário a presença de uma mão de obra qualificada e focada na redução desses desperdícios. Dentre as alternativas, o investimento na capacitação das pessoas é um dos meios para elevar os níveis de desempenho. Uma forma muito utilizada para capacitação, é através da aplicação de treinamentos e, assim como em instituições de ensino, por exemplo, a inovação na didática de aplicação tem sido cada vez mais requisitada e presente, porém, sabe-se da dificuldade que é repassar adequadamente o conhecimento e que prender a atenção do usuário, bem como proporcionar sua interação na aplicação prática dos conhecimentos, nesses casos, é extremamente importante.

Este trabalho, tem como objetivo desenvolver uma metodologia didática para aplicação dos conceitos de *lean manufacturing* através da simulação de linhas de montagem de um produto em pequena escala. Surge como uma excelente alternativa para relacionar a teoria com a prática, para utilização no Laboratório de Produção, Operações e Processos (LaPOP), o qual é um projeto extracurricular atualmente disponível na Faculdade Horizontina - FAHOR.

A metodologia que será estruturada neste trabalho deve ser capaz de simular um processo produtivo que possibilite a aplicação de conceitos e ferramentas do *lean manufacturing* e com isso buscar o entendimento da importância dos resultados que são gerados com a implementação.

## 1.1 TEMA

O tema deste trabalho se refere ao desenvolvimento de uma metodologia didática sobre os conceitos de manufatura enxuta para aplicação em uma linha simulada de montagem e submontagem de um produto.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho delimita-se na busca por referências bibliográficas a respeito da metodologia do *lean manufacturing* e na estruturação de uma metodologia didática para aplicação dos conceitos de manufatura enxuta em uma linha simulada de montagem e submontagem de um produto no Laboratório de Produção, Operações

e Processos da Faculdade Horizontina – FAHOR. Está fora do escopo deste trabalho a aplicação prática da metodologia e a coleta dos resultados obtidos com o mesmo.

### 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

É de notório conhecimento a dificuldade que a grande maioria das pessoas possuem ao tentar absorver todo o conhecimento somente com métodos teóricos, ou seja, métodos visuais e auditivos. Com isso, surge a necessidade de alternativas que possam apresentar algum tipo de experiência sinestésica. Desta forma, as metodologias didáticas que buscam a interação e a aplicação prática dos conhecimentos por parte dos participantes demonstram maiores resultados.

Essa afirmação vem ao encontro do que Parenza apud. Mariotti e Zauhy (2013) trazem sobre o processo de aprendizado:

- 70% é adquirido pela vida real, com experiências e interações no local de trabalho, através da realização de tarefas e solução de problemas, por meio da aprendizagem proveniente do trabalho prático e real, sendo assim, segundo os autores, a parte mais importante de todo o plano de aprendizagem e desenvolvimento.
- 20% ocorrem a partir das interações com os outros no ambiente de trabalho, dos feedbacks e da observação de pessoas que podem servir como modelos.
- 10% ocorrem por meio de cursos, seminários, workshops e leituras formais.

É comum que, nas organizações, com a implementação de novos produtos e processos, contratação de novos colaboradores e uma rotina repetitiva de trabalho começam a surgir atividades que não agregam valor aos processos. O surgimento destes desperdícios muitas vezes não é percebido, principalmente pelo fato de que a cultura da produção enxuta não está inserida no dia a dia dos colaboradores. Desta forma, o grande desafio enfrentado é implementar metodologias que auxiliam no desenvolvimento de uma produção enxuta e que tenham uma forma interativa de repassar os conhecimentos.

Assim, esta pesquisa busca responder a seguinte pergunta: é possível estruturar uma metodologia que possibilite repassar os conceitos de manufatura enxuta através da simulação, em pequena escala, de um processo produtivo?

#### 1.4 HIPÓTESES

O desenvolvimento de uma metodologia didática baseada no *lean* auxiliará no processo de aprendizagem acadêmica como também, possibilitará simulações dos processos e desafios que o dia a dia das organizações apresentam.

Visará proporcionar um aprendizado prático, com processos de submontagem e montagem de componentes. A cada simulação dessa produção, conceitos do *lean manufacturing* serão evidenciados e os participantes serão instigados a implementar esses conceitos para a próxima simulação.

Este método de formação auxiliará na otimização dos processos e sua evolução será demonstrada através de indicadores pontuais, comparando o resultado de cada simulação e os ganhos obtidos após a aplicação dos métodos da produção enxuta.

#### 1.5 JUSTIFICATIVA

Para se manter no mercado, as empresas precisam trabalhar efetivamente nos seus sistemas organizacionais. Assim sendo, os conceitos da manufatura enxuta no qual o foco está na eliminação de desperdícios, flexibilização da produção e otimização dos processos, foram escolhidos como base para a elaboração deste trabalho.

A realização deste projeto justifica-se pela sua importância no aprendizado e conscientização da importância de uma produção enxuta. Tanto o meio acadêmico quanto as indústrias buscam o aprimoramento constante em seus processos em virtude da grande competitividade existente atualmente.

Os conceitos do *lean manufacturing*, muitas vezes, acabam sendo ignorados pela dificuldade de demonstrar na prática os ganhos que eles trazem aos processos.

A elaboração do método para treinamentos trará uma forma otimizada de absorção do conhecimento, onde o usuário irá aprender na prática ao aplicar os conceitos de manufatura enxuta. Essa prática, consiste em observar a evolução no resultado dos processos à medida que ferramentas do *lean manufacturing* estarão sendo aplicadas. Isso facilitará o processo de aprendizagem e abrirá o pensamento dos usuários para novas ideias e oportunidades, podendo trazer soluções e ganhos extremamente significativos para as organizações.

Nesse contexto, todo esse projeto pode ser o início de uma transformação no processo de repasse de conhecimento e aplicação de metodologias nas organizações e também no meio acadêmico. Para o curso de engenharia de produção e para a área de manufatura enxuta, as pesquisas, os projetos e as metodologias que possibilitam a aplicação e interação são cada vez mais necessárias e pertinentes.

## 1.6 OBJETIVOS

### 1.6.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente trabalho é estruturar um método didático para aplicação dos conceitos de manufatura enxuta através da simulação de linhas de montagem da produção de um produto em pequena escala para o LaPOP. Com isso, possibilitar aos usuários, a identificação de problemas que não agregam valor aos processos produtivos, além de relacionar essas práticas com os processos em que possam estar inseridos em suas empresas.

### 1.6.2 Objetivos específicos

Para cumprir com o objetivo geral, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Construir um produto para simular sua montagem em linha;
- b) Estruturar uma metodologia didática de treinamento com aplicação na linha de montagem simulada;
- c) Definir regras de aplicação;

- d) Organizar os postos de trabalho;
- e) Disponibilizar o trabalho para aplicação no âmbito acadêmico e empresarial.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 LEAN MANUFACTURING

Segundo Riani (2006), a manufatura enxuta surgiu no Japão, no período pós 2ª Guerra Mundial. Devido às consequências devastadoras que a guerra deixou, o país não possuía recursos para realizar investimentos necessários para a implementação de uma produção em massa. Foi a partir dessas premissas que surgiu o Sistema Toyota de Produção (STP), que posteriormente foi chamado de *lean manufacturing* ou, manufatura enxuta. Esse sistema foi criado por TAIICHI OHNO, Vice-Presidente da Toyota.

O STP tem como objetivo fundamental produzir com melhor qualidade, menor custo e menor *lead time*, através de um processo produtivo que tenha seu fluxo otimizado e consiga eliminar desperdícios (excesso de produção, perda de tempo gasto na máquina, perda no processamento, perda no inventário, entre outros). O sistema busca criar valor na ótica do cliente com o menor custo possível para o produtor, por quanto maior for a percepção de valor do cliente com o menor custo de produção possível, maior será a lucratividade da empresa (WOMACK, 1992).

Toledo (2002), traduz o pensamento enxuto como a forma de produzir cada vez mais com cada vez menos recursos e, ao mesmo tempo, entregar para o cliente somente aquilo que eles querem, conseqüentemente tornando o trabalho mais satisfatório e oferecendo um retorno imediato sobre os esforços da transformação de atividades que não agregam valor, em atividades que o cliente está disposto a pagar.

## 2.2 DESPERDÍCIOS DA PRODUÇÃO

Segundo Ohno (1997), desperdício é toda a atividade humana que absorve recursos, adiciona custos e não gera valor ao produto desejado pelo cliente.

O *lean manufacturing* tem como foco a eliminação sistemática de desperdícios (SHINGO, 1996).

No que se refere a desperdícios, Black (1998) afirma que o desperdício de produção é qualquer coisa além do mínimo de equipamentos, materiais, componentes e mão-de-obra que sejam absolutamente essenciais para produzir. Essas perdas são consideradas qualquer coisa que não agrega valor e qualidade ao produto.

Existem dois tipos de tarefas executadas em uma fábrica: aquelas que aumentam o valor de um produto e aquelas que simplesmente aumentam o custo de produzi-lo. Em outras palavras, existem tarefas que agregam valor e existem tarefas que simplesmente aumentam o custo (SHINGO, 1996, p. 78).

Liker (2005), classifica os desperdícios em oito tipos:

1. Superprodução;
2. Espera;
3. Transporte desnecessário;
4. Superprocessamento;
5. Excesso de estoque;
6. Movimentos desnecessários;
7. Defeitos.
8. Desperdício de criatividade dos funcionários.

Ainda citando o mesmo autor, Liker (2005), na sequência ordenada de tópicos da categoria 2.2, cada desperdício será detalhado:

### 2.2.1 Superprodução

O desperdício por superprodução é traduzido em produzir mais que o necessário, ou seja, mais que o cliente solicitou e, também, produzir mais rápido que o necessário. Esse tipo de desperdício é um dos piores devido ao fato de ser difícil de resolver e de ser uma premissa para gerar outros tipos de perdas, como estoque, espera e peças defeituosas (Liker, 2005).

### 2.2.2 Espera

Segundo Liker (2005), o desperdício por espera é aquele causado pela ociosidade tanto de equipamentos como de recursos humanos.

Complementando por Antunes (1995, p. 366, apud KAYSER, 2001, p. 30), que descreve que as perdas por esperas estão associadas aos períodos de tempo onde trabalhadores e as máquinas não estão sendo utilizadas produtivamente, porém seus custos continuam sendo cobrados.

Segundo Shingo (1996) as perdas por espera estão diretamente relacionadas com a sincronização e o nivelamento do fluxo de produção.

### 2.2.3 Transporte desnecessário

As perdas por transporte envolvem todo movimento desprendido para transportar materiais, ferramentas, equipamentos, suprimentos, pessoas ou documentos. É praticamente impossível sua eliminação total, o que se busca sempre é minimizar o impacto gerado pelo tempo entre operações de transporte (Liker, 2005).

Ghinato (1996) afirma que a eliminação ou redução do transporte deve ser encarada com uma das prioridades no esforço de redução de custos, pois, em geral, o transporte ocupa 45% do tempo total de fabricação de um item.

### 2.2.4 Superprocessamento

Como descreve Liker (2005), o desperdício por processamento é gerado por recursos físicos e humanos. Esse desperdício está diretamente relacionado com processos que não agregam valor ao produto. Esses processos podem ser descritos como processos que visam agregar uma qualidade excessiva ou processos que não agregam qualidade.

Segundo Ghinato (1996), são processos que poderiam ser eliminados sem afetar as características e funções básicas do produto ou serviço.

### 2.2.5 Excesso de estoque

É toda forma de estoque de matéria-prima, material em processamento e produto acabado. Os estoques desnecessários são recursos financeiros imobilizados e significam desperdícios de investimento e espaço (Liker, 2005).

Ainda, segundo Liker (2005), quando da necessidade da criação de estoques, a eliminação dos desperdícios deve focar nas variáveis que resultam nessa necessidade. Alguns exemplos são: tempos de setup de máquinas, lead time de produção, sincronização de fluxos de trabalhos e nivelamento da produção.

Segundo Antunes (1995, p. 367, apud KAYSER, 2001, p. 34), a existência de estoques tem como causa fundamental a falta de sincronia entre o prazo de entrega do pedido de compra e o período de produção.

### 2.2.6 Movimentos desnecessários

As perdas de movimentos são relacionadas a movimentação de operadores. Essas movimentações incluem: procurar, andar, abaixar. Ou seja, tudo que interrompa o fluxo de sua atividade para deslocar-se. Grande parte dessa perda está relacionada com *layout* inadequado, local de trabalho desorganizado, falta de padronização em instruções e, fluxo de material ineficiente (Liker, 2005).

### 2.2.7 Defeitos

Conforme menciona Liker (2005), a perda por defeitos é o resultado de produtos finais que não são de acordo com as especificações de projeto/cliente, processamentos de retrabalho e na utilização de recursos relacionados a produtos defeituosos e retrabalhos. O objetivo principal da produção deve ser sempre fazer o produto com qualidade na primeira vez.

Husar (2000, p. 103, apud KAYSER, 2001, p.37) descreve que a perda por fabricação de produtos defeituosos é a que transfere um maior impacto negativo ao cliente, tanto interno como externo.

### 2.2.8 Desperdício de criatividade dos funcionários

De acordo com Liker (2005), o desperdício da criatividade dos funcionários pode ser resumido na perda de tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem que é resultante do fato da organização não envolver, ouvir e, principalmente, delegar responsabilidades e independência para os funcionários.

## 2.3 OS CINCO PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA

Na manufatura enxuta, cinco princípios são definidos como fundamentais para a eliminação de perdas, são esses princípios que orientam as organizações que desejam implementar ou se basear nos conceitos da manufatura enxuta.

Womack e Jones (2004) definem que o pensamento enxuto é essencial para a eliminação dos desperdícios, pois é uma maneira de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que geram valor, realizar atividades sem interrupções e de modo mais eficaz. Eles classificam os princípios em: especificação de valor, identificação da cadeia de valor, fluxo de valor, produção puxada e busca da perfeição.

### 2.3.1 Especificação de valor

Valor é tudo aquilo que o cliente está disposto a pagar, ou seja, a noção de valor não é uma decisão interna da empresa, muito menos da direção. O valor considerado pelo pensamento enxuto, vem única e exclusivamente do cliente e é expressão das necessidades e desejo deste (WOMACK e JONES, 2004).

### 2.3.2 Identificação da cadeia de valor

Segundo Womack e Jones (2004), é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para levar um produto específico a passar pelas três etapas críticas de qualquer negócio:

- Solução de problemas: vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela engenharia de processo;

- Gestão da informação: vai da recepção do pedido até a entrega, seguindo um cronograma detalhado;
- Transformação física: vai da matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente.

Ainda, Womack e Jones (2004) definem que a identificação da cadeia de valor consiste em mapear todas as atividades da empresa separando-as em três categorias distintas: as que efetivamente geram valor, as que não geram valor, mas são essenciais à manutenção da produção e da qualidade, e as que não geram valor e devem ser eliminadas imediatamente.

### 2.3.3 Fluxo de valor

Após ter definido o que é valor para o cliente e ter identificado as atividades que agregam e as que não agregam valor, o passo seguinte do pensamento enxuto é fazer com que o fluxo otimizado de valor flua de forma harmônica até a chegada do produto ao cliente final, redefinindo-se as funções e os departamentos, permitindo que estes contribuam para a criação de valor para o cliente (WOMACK e JONES, 2004).

### 2.3.4 Produção puxada

Através do fluxo contínuo, os produtos têm seus tempos de projeto, fabricação e entrega reduzidos consideravelmente. Isto possibilita projetar, programar e fabricar o que o cliente quer no momento que ele quer, ou seja, o cliente passa a puxar o produto da empresa (WOMACK e JONES, 2004).

Lindgren (2001) descreve que a produção puxada produz fluxo de caixa extra, decorrente da redução de estoque e, acelera o retorno sobre o investimento. Isso é consequência de programar e fabricar exatamente o que o cliente quer e quando o cliente quer, ao invés de empurrar o produto, muitas vezes indesejado pelo cliente.

### 2.3.5 Busca da perfeição

Perfeição conceitualmente é impossível de se alcançar porém, a busca pela perfeição é um estado mental que deve prevalecer em todos os envolvidos em um

empreendimento enxuto. Para esse fim, existem diversas técnicas disponíveis que já são comumente aplicadas no meio empresarial (WOMACK e JONES, 2004).

Liker (2005) descreve que o quinto princípio, a perfeição, pode ser enxergado como alcançável. Observa-se, então, que a interação com os outros princípios é fundamental porque ao fazer fluir mais rapidamente, os desperdícios aparecem e, com o intuito de atingir a melhoria, continuam eliminando-se os mesmos.

## 2.4 FERRAMENTAS DO *LEAN MANUFACTURING*

Para que a manufatura enxuta consiga atingir os objetivos, é necessário aplicar algumas ferramentas que auxiliarão na obtenção dos resultados. As ferramentas são instrumentos utilizados para implementação de um sistema de manufatura enxuta, que ditam “como” seguir seus princípios. (RIANI, 2006).

A seguir, alguns conceitos que sustentarão os pilares da manufatura enxuta objetivando a criação de valor agregado ao cliente:

### 2.4.1 5s

Cinco palavras japonesas deram significado ao 5s, tendo como suas iniciais a letra “S”, sendo elas: seiri, seiton, seiso, seiketsu e shitsuke, as quais segundo Silva (1994), possuem os seguintes significados:

#### 2.4.1.1 Seiri (senso de utilização)

No sentido específico para facilitar as primeiras ações, refere-se a identificação, classificação e remanejamento dos recursos que não são úteis para o que realmente se deseja. Num sentido amplo, refere-se a eliminação de tarefas desnecessárias, excesso de burocracia e desperdício de recursos em geral. Inclui também a correta utilização dos equipamentos, visando aumentar a sua vida útil. Sabe-se que o desperdício no quantificado: o desperdício de talentos. Desenvolver o senso de utilização, significa decretar guerra contra todos os tipos de desperdícios.

#### 2.4.1.2 Seiton (senso de organização)

Refere-se a disposição organizada dos objetos e dados, bem como uma excelente comunicação visual que facilite o acesso rápido a estes, além de facilitar o fluxo das pessoas. As vantagens de uma boa ordenação e comunicação visual são, principalmente: diminuição do cansaço físico por excessiva movimentação, economia de tempo e facilidade de tomada de decisões emergenciais, de segurança sob pressão.

#### 2.4.1.3 Seiso (senso de limpeza)

Cada colaborador deve limpar seu próprio local de trabalho e, além de tudo, estar conscientizado das vantagens de não sujar. Visa principalmente a criação e manutenção de um ambiente de trabalho agradável. No sentido japonês do termo, o conceito estende-se à limpeza das falhas por parte do ser humano que são laváveis, isto é, as não muito graves. Ao executar a limpeza cuidadosa dos equipamentos, cuida-se principalmente a sua conservação. Outro aspecto importante desse senso, é a ênfase de ataque às fontes de poluição que afetam não só o produto e os colaboradores, mas também as pessoas que residem nas proximidades da empresa.

#### 2.4.1.4 Seiketsu (senso de padronização)

Baseia-se na padronização do comportamento e na preocupação com a saúde própria, nos aspectos físico, mental e emocional. Portanto, além de exercer os três primeiros sentidos como forma de melhorar continuamente o ambiente físico de trabalho, a pessoa deverá ter consciência dos outros aspectos que afetam a própria saúde e agir em cima deles. Muitas empresas brasileiras já estão preferindo a prevenção em vez de tomar medidas apenas corretivas em termos da saúde de seus colaboradores. Dentro da ampla visão do programa 5s, essas atitudes não serão mais esporádicas, mas sim, parte importante do gerenciamento visto que auxiliam na diminuição das taxas de absenteísmo, eleva o desempenho e aumenta a produtividade.

#### 2.4.1.5 Shitsuke (autodisciplina)

Quando, desnecessário o estrito controle externo, o colaborador segue os padrões técnicos, éticos e morais da organização onde trabalha, terá sido atingido esse senso. A pessoa autodisciplinada discute até o último momento mas, assim que a decisão é tomada, acata e executa o que foi determinado. Deseja-se que uma pessoa muito bem disciplinada, esteja sempre tomando iniciativas para o autodesenvolvimento, o desenvolvimento da sua equipe e da organização a que pertence, exercendo plenamente o seu potencial mental. A autodisciplina representa o alcance dos objetivos em relação aos esforços persistentes de educação e treinamento que levam em consideração a complexidade do ser humano.

#### 2.4.2 Kanban

O sistema kanban parte do pressuposto de que não se deve produzir nada até que o cliente (interno ou externo) de seu processo solicite a produção de determinado item. Neste sentido:

[...] a programação da produção usa as informações do Plano Mestre de Produção para emitir ordens apenas para o último estágio do processo produtivo, normalmente a montagem final, assim como para dimensionar as quantidades de Kanbans dos estoques em processo para os demais setores. À medida que o cliente de um processo necessita de itens, ele recorre aos Kanbans em estoque neste processo, acionando diretamente o processo para que os Kanbans dos itens consumidores sejam fabricados e repostos aos estoques (TUBINO, 2000, p. 195).

Conforme a citação acima, percebe-se que o sistema kanban funciona essencialmente com sistemas produtivos puxados, ou seja, sistemas cuja ordem de produção depende do cliente, interno ou externo. Esse tipo de sistema de produção além de agilizar o processo produtivo é capaz de reduzir drasticamente os custos com estoques, tanto de produtos acabados, como de materiais em processo. Logo, a idéia de redução de custos é uma das principais características do sistema kanban de produção.

#### 2.4.3 Melhoria Contínua (Kaizen)

A metodologia kaizen foi criada no Japão pelo engenheiro Taichi Ohno, com a finalidade de reduzir os desperdícios gerados nos processos produtivos, buscando a

melhoria contínua da qualidade dos produtos e o aumento da produtividade. Desta forma:

A ferramenta Kaizen utiliza questões estratégicas baseadas no tempo. Nesta estratégia, os pontos-chave para a manufatura ou processos produtivos são: a qualidade (como melhorá-la), os custos (como reduzi-los e controlá-los), e a entrega pontual (como garanti-la). O fracasso de um destes três pontos significa perda de competitividade e sustentabilidade nos atuais mercados globais. (SHARMA, 2003, p.114).

O kaizen não visa tão somente os ganhos de produtividade, redução de custos e eliminação de desperdícios. Mas, também visa a melhoria contínua das condições de trabalho do homem, buscando sua total interação com os processos de manufatura, aumentando sua satisfação.

Ainda, a aplicação da metodologia auxilia nas questões de competitividade:

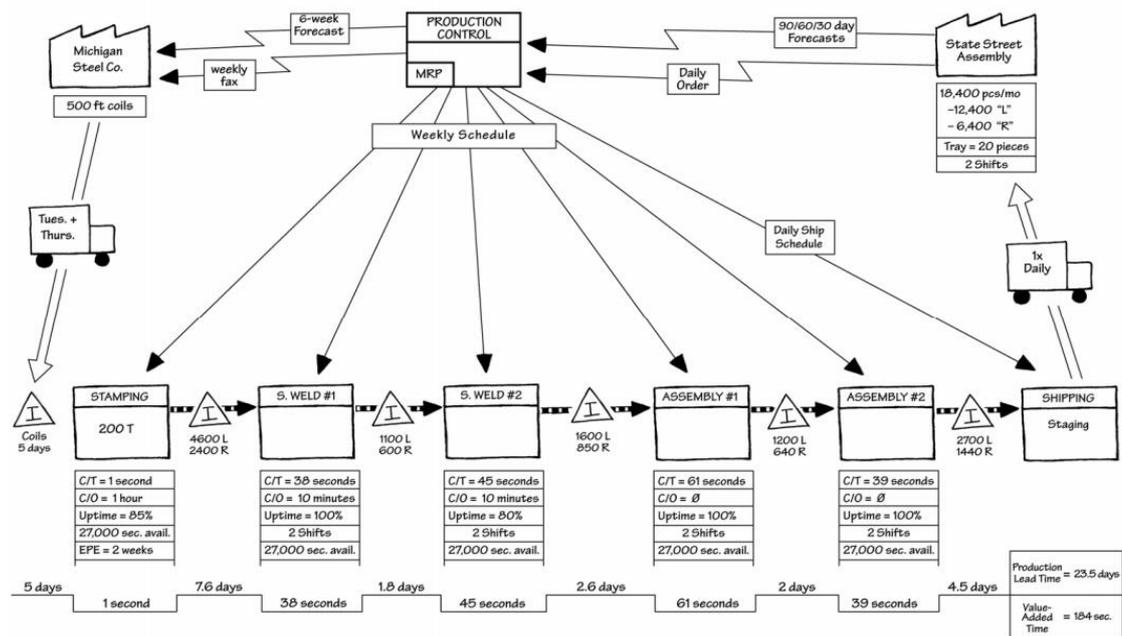
[...] qualquer empresa que faz produtos e serviços melhores, mais rápidos, em tempo, em maior variedade, e mais baratos do que os concorrentes possui a melhor vantagem competitiva a longo prazo que qualquer empresa poderia desejar. (SLACK, 1996, p.66).

#### 2.4.4 Mapa de Fluxo de Valor (MFV)

Segundo Rother e Shook (1999), fluxo de valor é toda ação, que agrega ou não valor, necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto: (1) o fluxo de produção da matéria-prima ao consumidor final, e (2) o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento.

A Figura 1 demonstra o mapeamento do fluxo de valor do processo produtivo de *pallets* comerciais:

Figura 1: Exemplo de mapa de fluxo de valor



**Fonte:** Rother e Shook, 1999, p. 42.

Além do fluxo de material, que é o movimento de materiais dentro da fábrica, deve-se levar em consideração, com a mesma importância, o fluxo de informação, que é o responsável por avisar para cada processo o que fabricar ou fazer em seguida.

De acordo com Womack e Jones (2004), "...MFV é o simples processo de observação direta do fluxo de informação e de materiais conforme eles ocorrem, resumindo-os visualmente e vislumbrando um estado futuro com melhor desempenho". Considerada essa definição, observa-se que o principal objetivo do MFV é conseguir uma visualização clara dos processos de manufatura e de alguns de seus desperdícios, bem como medidas eficazes de análise que auxiliem no projeto de otimização do fluxo e eliminação de desperdícios.

#### 2.4.5 Sistemas à prova de erros (Poka Yoke)

Os mecanismos ou dispositivos poka-yoke são também denominados de mecanismos de prevenção de erro ou a prova de falha; têm sua origem na língua japonesa das palavras yokeru (evitar) e poka (erro inadvertido) e são utilizados há muito tempo pela indústria manufatureira japonesa (SHIMBUN, 1988).

Segundo Slack (2008) este conceito de dispositivo à prova de falhas, se baseia no princípio de que os erros humanos são de alguma forma inevitáveis, portanto será importante evitar que eles se tornem defeitos. São dispositivos simples ou sistemas que sejam baratos de preferência colocados no processo para evitar que os erros do operador se transformem em defeitos.

Segundo Chase (2002), poka-yoke é constituído de um recurso que indica ao operador o modo adequado para realizar uma determinada operação, ou seja, um mecanismo de detecção de erros que bloqueia as principais interferências (normalmente decorrentes de erros humanos) na execução da operação. Estes dispositivos caracterizam-se por serem utilizados num regime de inspeção a 100%; dispensarem a atenção permanente do operador relativamente ao produto que está a ser processado; reduzirem ou eliminarem defeitos através das ações corretivas imediatas.

Os sistemas poka yoke podem também apenas sinalizar, através de apitos, buzinas e sinais luminosos, a ocorrência de erros, sem parar a linha de produção, mas indicando a necessidade de correção (CHASE, 2002).

#### 2.4.6 Produção Puxada (*Just in time*)

Segundo Ohno (1997), *just in time* significa que, durante um processo de fluxo, as partes solicitadas à montagem chegam à linha de montagem no momento exato em que são necessários e apenas na quantidade requisitada. Algumas expressões são comumente utilizadas para traduzir os aspectos da filosofia *just in time*, e são apresentadas por Corrêa e Gianesi (1993): Produção sem estoques, eliminação de desperdícios, manufatura de fluxo contínuo, esforço contínuo na resolução de problemas, melhoria contínua dos processos.

Uma descrição didática do *just in time* e que ajuda a esclarecê-lo de forma prática:

O estoque do Just in time nem sempre leva ao “estoque zero”. Caso as necessidades ou os tempos de reposição não sejam conhecidos com certeza, então quantidades ou tempos maiores deverão ser usados, o que acaba colocando estoque extra no sistema. Além disso, pode-se manter estoques maiores do que o necessário para conseguir vantagens de descontos associados a maiores lotes de compra ou transporte. Quando essas situações acontecem, o método do Just in time leva a resultados similares aos das outras técnicas de controle de estoques. Portanto, a

técnica Just in time é vantajosa quando (1) os produtos têm alto valor unitário e necessitam de alto nível de controle, (2) as necessidades ou de demandas são conhecidas com alto grau de certeza, (3) os tempos de reposição são pequenos e conhecidos e (4) não há benefício econômico em suprir-se com quantidades maiores que as requeridas (BALLOU, 1993, p. 228).

Outra definição diz que:

O Just in time é uma abordagem disciplinada, que visa aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios. Ele possibilita a produção eficaz em termos de custo, assim como o fornecimento apenas da quantidade correta, no momento e locais corretos, utilizando o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. O JIT é dependente do balanço entre flexibilidade do fornecedor e a flexibilidade do usuário. Ele é alcançado por meio da aplicação de elementos que requerem um envolvimento total dos funcionários e trabalho em equipe. Uma filosofia-chave do JIT é a simplificação (SLACK, 2002, p. 482).

Diante disso, observa-se a grande importância de promover uma produção puxada, evitando excessos de produtos finalizados que resultariam em capital imobilizado e possíveis problemas de qualidade com o passar do tempo.

#### 2.4.7 Indicadores de desempenho

Pensando em melhoria contínua, base do *lean manufacturing*, a mensuração dos processos, bem como a tomada de decisões baseado em fatos, dados e informações quantitativas, são essenciais para entender a situação atual, planejar a futura e, principalmente, quais ações serão tomadas.

Essa mensuração dos processos é de extrema importância, e vem ao encontro de que “tudo que não pode ser medido, não pode ser avaliado”. Para isso, os indicadores de desempenho é uma ferramenta que auxilia a evidenciar as necessidades de ações de melhoria e, verificar o progresso dos processos após a implementação de ações.

Os indicadores são formas de representar quantificadamente as características dos produtos e processos. São utilizados para controlar e melhorar o desempenho dos produtos e processos ao longo do tempo (TAKASHINA e FLORES, 1996).

Slack (1999) afirma que a medição do desempenho é o processo de quantificar ação, onde a medida significa o processo de quantificação e o

desempenho da produção é presumido como derivado de ações tomadas por sua administração.

Kardec, Flores e Seixas (2008) relatam que os indicadores fornecem o auxílio necessário para a implementação de melhores práticas, visando o melhor desempenho e a melhoria de todos os resultados e, também servem para medir se o resultado do plano de ação está adequado com as metas propostas.

Seguindo do pressuposto que as pessoas fazem e sustentam o *lean manufacturing* em uma organização, os indicadores auxiliam na motivação e envolvimento das pessoas que, através deles, conseguem visualizar a evolução do seu desempenho e obter um retorno das ações de melhorias implementadas.

### 3 METODOLOGIA

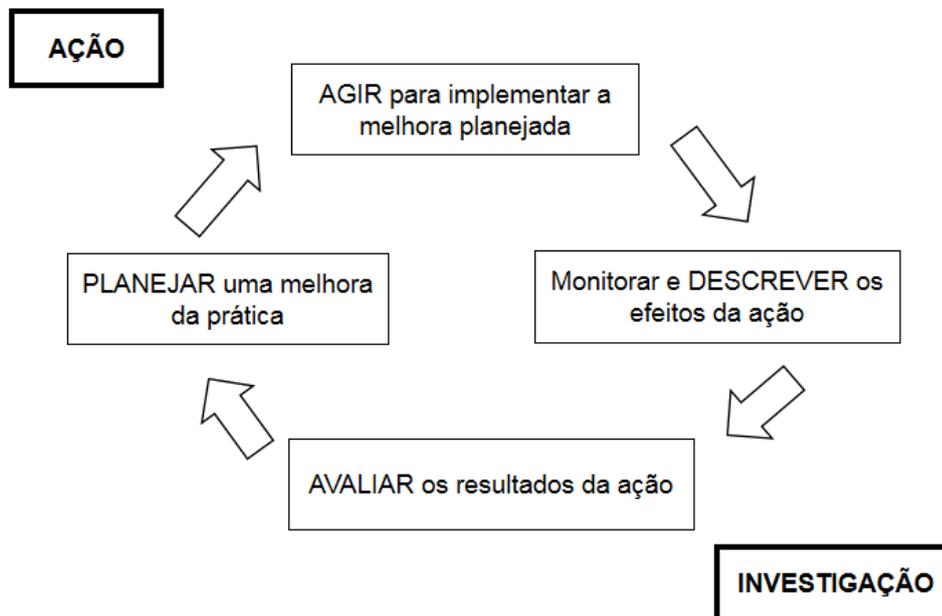
#### 3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

O presente trabalho é classificado como uma pesquisa-ação devido ao processo de identificação de um problema, pesquisa bibliográfica do assunto, proposição de soluções e o desenvolvimento de uma solução prática.

Segundo Thiollent (2005) a pesquisa-ação é a resolução de um problema coletivo no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Tripp (2005) descreve a pesquisa-ação como um dos inúmeros tipos de investigação-ação, como por exemplo a aprendizagem-ação, a prática reflexiva, aprendizagem experimental, ciclo PDCA e outros, conforme representado na Figura 2 com o ciclo de investigação-ação:

Figura 2: Representação do ciclo básico de investigação-ação



**Fonte:** Adaptado de Tripp, 2005, p.446.

O desenvolvimento do trabalho deu-se através da identificação de um problema e a partir disso realizou-se um estudo bibliográfico do assunto, com pesquisa em livros, artigos, dissertações e internet sobre a metodologia do *lean manufacturing*. Optou-se por uma alternativa de desenvolvimento prático, para

envolver a melhor forma de aprendizagem, resultando em um aproveitamento otimizado do processo de repasse de conhecimento.

Para que o processo de aprendizagem fosse prender a atenção e envolver o usuário, buscou-se a estruturação de um material didático com conceitos elencados através das pesquisas bibliográficas.

A seguir, com a definição da realização de um treinamento prático, foi projetado e desenvolvido um produto, para ser utilizado como objeto base e possibilitar que o método didático fosse colocado em prática, ou seja, para que os conceitos de manufatura enxuta pudessem ser aplicados em uma linha de montagem simulada do produto desenvolvido. Para tal, buscou-se alternativas relacionadas às demandas do produto como: ser de fácil manuseio, possibilitar fácil montagem e desmontagem e ser estruturado com matéria-prima acessível. Durante o processo de desenvolvimento, foi viabilizada uma parceria com uma empresa interessada e que colocou sua estrutura à disposição para a produção do produto.

Na segunda etapa, foi estruturado os postos de trabalho que, a partir do protótipo do produto construído, foi dimensionado a quantidade de postos necessários para respeitar um *takt time* proposto de acordo com o tempo de treinamento. Também, optou-se por deixar gargalos, fluxo atrapalhado e materiais desnecessários, tudo isso para proporcionar aos participantes a experiência de aplicar as ferramentas da manufatura enxuta

Na terceira etapa, com o produto pronto, deu-se início a estruturação da metodologia de aplicação prática, onde o treinamento foi estruturado de uma forma que abordasse os principais conceitos teóricos do *lean manufacturing*, dividindo-se em quatro rodadas, alternando entre teoria e prática para que o método didático fosse o mais interativo possível e desta forma, visualizar os efeitos da implementação de cada conceito.

A quarta e última etapa foi caracterizada pela definição dos métodos de controle da aplicação da metodologia, com o emprego de indicadores, estes indicadores visam demonstrar a evolução da performance a cada rodada, buscando dar visibilidade nos ganhos que a aplicação das ferramentas de manufatura enxuta evidenciaram nas simulações de produção.

### 3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Os materiais utilizados para o desenvolvimento do trabalho foram:

- Material de consumo (chapas, perfis metálicos, parafusos, porcas rebites, rodízios);
- Manuais de instruções impressos e plastificados para cada estação de trabalho;
- Ferramentas manuais e elétricas (parafusadeiras, chaves combinadas, chaves catracas, torquímetro).

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos através da criação, associação e aplicação dos conceitos evidenciados no referencial teórico. Contempla a etapa de desenvolvimento do produto, estruturação das estações de trabalho, estruturação da metodologia de aplicação prática e também dos indicadores indicados para utilização na aplicação da metodologia.

### 4.1 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Para possibilitar a estruturação das estações de trabalho e conseqüentemente da metodologia de aplicação prática, optou-se pelo desenvolvimento de um produto minimalista e em menor escala, inspirado em uma colheitadeira de soja. Um produto capaz de atender as demandas de simulação de montagem, sendo este dividido em um número específico de peças para representar os processos em cada estação de trabalho, com recursos de montagem de fácil compreensão, além de ser resistente e ser estruturado com dimensões que possibilitem manuseio seguro e adequado.

O produto, em sua função principal, deve possibilitar o processo de fácil montagem e desmontagem através de uma metodologia de encaixe e fixação que possam ser representadas como uma operação de trabalho, com a utilização de ferramentas ou máquinas. Além desta, outras funções como, sua identificação visual para possibilitar a diferenciação entre eventuais opções de modelos e também, apresentar considerável resistência devido ao elevado número de diferentes manuseios presentes em cada etapa de aplicação do método.

Uma vez definidas as demandas de estrutura do produto, as mesmas foram dispostas simultaneamente e realizou-se uma pesquisa por princípios de soluções para cada função, construindo, desta forma, uma matriz morfológica desses princípios, disponibilizados na Figura 3.

Figura 3: Matriz morfológica

Funções	Princípios de Soluções		
	1	2	3
Material	Acrílico 	MDF 	Aço 1020 
Método de Encaixe/Fixação	Encaixe para Montagem 	Peças dobradas e fixadas com parafuso, arruelas e porcas 	Peças dobradas e fixadas com parafusos e rebites com rosca 
Representação das Rodas	Rodas em Acrílico 	Rodas em MDF 	Kit de Rodízio 
Identificação	Adesivos de Papel 	Adesivos de Vinil 	Adesivos Imantados 

**Fonte:** Os autores, 2018.

A matriz presente na Figura 3 foi construída através da busca, para cada uma das funções indicadas, por princípios de solução que estavam ao alcance do projeto, isto é, componentes ou recursos que poderiam representar a função em análise e que estariam disponíveis para tal. Ao levantar os possíveis princípios de solução para cada função, chegou-se à concepção do produto. Devido às características de cada princípio, algumas combinações não foram possíveis, ou ainda, uma análise preliminar da concepção permitiu eliminá-la dentre as que teriam possibilidade de se tornar a concepção ideal.

Portanto, pela disponibilidade de matéria-prima e possibilidade de fabricação por parte da empresa parceira, optou-se pela utilização de chapas de aço 1020, com diferença de espessura para determinadas peças. A utilização de chapas de aço com espessuras diferentes (1,2mm para o corpo do produto e 3,35mm para eixos e

suporte), deu-se pela necessidade ergonômica, ou seja, menor peso e também pela possibilidade de fácil deformação, no caso dos eixos, conforme manuseio das peças durante as etapas de simulação do treinamento. O método de encaixe escolhido foi através de rebites com rosca e parafusos. Conseqüentemente, os demais princípios de soluções foram definidos com base nas melhores aplicações para a matéria-prima utilizada, tendo como resultado a concepção final do produto.

Uma vez definida a concepção final do produto, é comum que se faça uma representação do aspecto final que se espera do mesmo, seja em forma de esboço a mão, croqui, desenho detalhado ou modelamento 3D. Para este projeto se optou por utilizar o último recurso citado, o qual pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4: Modelamento 3D da concepção final do produto

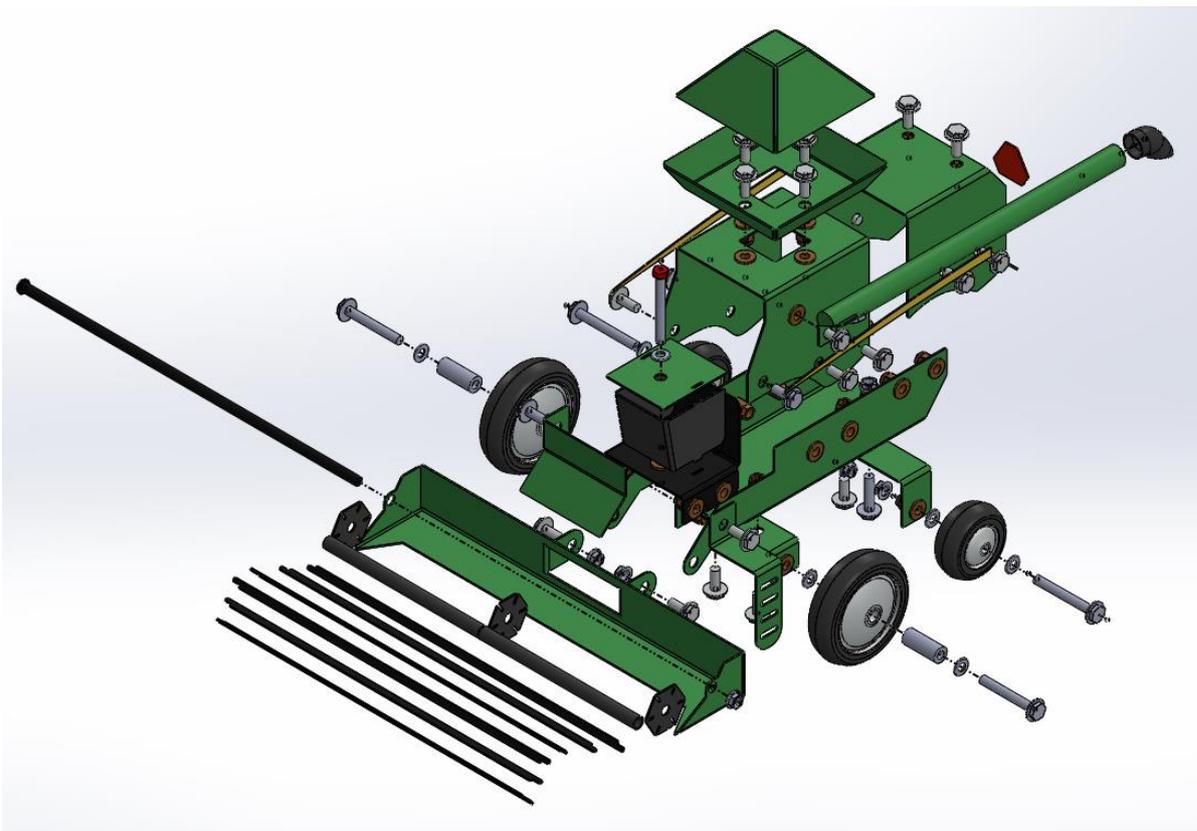


**Fonte:** Os autores, 2018.

Este modelamento 3D da Figura 4, tem como principal objetivo orientar em relação a forma, arquitetura e estética do produto.

A partir das informações levantadas até esta fase do processo de desenvolvimento, principalmente, onde se optou pela concepção final, parte-se para

a explanação da estrutura do produto, que, para um entendimento otimizado, optou-



se pela explicação em duas etapas.

A primeira etapa é explicada através da Figura 5, que mostra o modelamento 3D do produto em uma perspectiva explodida:

Figura 5: Perspectiva explodida do produto em 3D

**Fonte:** Os autores, 2018.

A perspectiva explodida apresenta os componentes do produto ligeiramente separados por uma distância determinada, facilitando a elucidação da relação de montagem de cada componente do produto.

Na segunda etapa, elaborou-se uma relação dos componentes que constituem o produto, apresentado no Apêndice A.

A relação de componentes é um recurso que permite ter conhecimento de todos os componentes que o formam, com sua respectiva identificação através de código, breve descrição com uma imagem de referência e também a quantidade de cada componente utilizado. Após o preenchimento de sua estrutura, a fabricação do produto pôde ser iniciada.

A produção da mini colheitadeira foi viabilizada pela empresa parceira. O processo está evidenciado no fluxograma conforme a Figura 6:

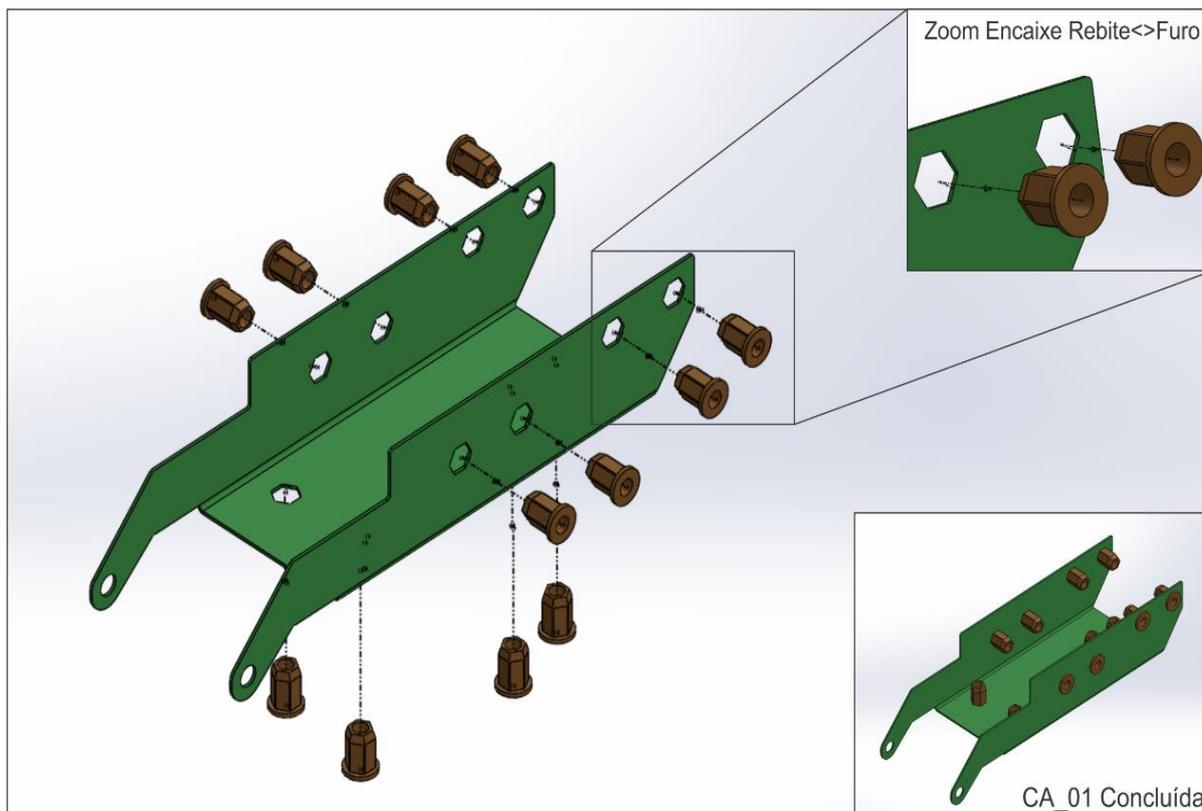
Figura 6: Fluxo do processo produtivo



**Fonte:** Os autores, 2018.

O primeiro passo para iniciar a produção deu-se com a realização da programação dos desenhos na máquina laser, para que as chapas de aço 1020 fossem cortadas nas formas desejadas. Após o corte, as peças planas foram para o processo de conformação através de uma prensa viradeira. Com as peças dobradas, as mesmas foram tratadas e passadas para o setor responsável por efetuar a pintura, para evitar oxidação e melhorar os aspectos visuais das mesmas.

A última etapa do processo de produção ocorreu após o término do



procedimento de pintura, onde as peças que apresentavam furos de perfil hexagonal, tiveram os rebites, caracterizados também, pelo corpo externo de perfil hexagonal, devidamente fixados em cada furo, conforme Figura 7:

Figura 7: Perspectiva explodida fixação de rebite no componente CA\_01

**Fonte:** Os autores, 2018.

Os rebites apresentam rosca em seu corpo cilíndrico interno e servem para definir o encaixe perfeito com os parafusos através de movimento helicoidal. Ambos têm função de fixar determinado componente a outro da mini colheitadeira.

Com exceção dos kits de rodízios e dos adesivos imantados para identificação, que foram adquiridos por meio de um fornecedor, todos os demais materiais e procedimentos foram viabilizados pela empresa parceira.

As informações levantadas até aqui, permitem afirmar que o produto possui uma abordagem minimalista, baseado em uma colheitadeira de soja, além de ser constituído por materiais que apresentam elevada resistência, viabilizando diversos processos de montagem e desmontagem e também seu fácil manuseio. Afirmação

esta que se faz verdadeira e é confirmada com o produto finalizado, o qual é exposto na Figura 8.

Figura 8: Produto final



**Fonte:** Os autores, 2018.

Com o produto devidamente exteriorizado e finalizado, foi dado início à estruturação das estações de simulação de montagem, que está exposta na próxima seção deste trabalho.

#### 4.2 ESTRUTURAÇÃO DOS POSTOS DE TRABALHO

Para a estruturação dos postos de trabalho, levou-se em conta o principal objetivo do treinamento, que é mostrar na prática a eficácia da aplicação dos conceitos do *lean manufacturing*, portanto, ao dimensioná-los, algumas situações são forçadas para que os participantes possam aplicar os conceitos e medir através de indicadores os seus benefícios.

Para melhor visualização, foi elaborado um layout inicial com a disposição dos postos de trabalho e da sequência de produção do produto, como podemos observar na Figura 9.

Figura 9: Layout da disposição inicial dos postos de trabalho



**Fonte:** Os autores, 2018.

Como é possível observar, a disposição física inicial dos postos foi organizada justamente em uma condição considerada não ideal, para que os participantes possam trabalhar na minimização de atividades que não agregam valor. Além disso, esta proposta inicial, apresenta algumas situações consideradas não conformes, com materiais desnecessários para a produção em cada posto de trabalho, além dos mesmos estarem desorganizados e confusos.

As tarefas que serão executadas em cada posto de trabalho começarão desbalanceadas, com o objetivo de instigar os participantes na identificação dos gargalos de produção, na aplicação de conceitos como o *takt time*, *lead time* e tempo de ciclo.

Desta forma, o layout ideal deve ser definido por cada equipe participante do treinamento, seguindo os princípios de eliminação dos desperdícios e otimização do fluxo de valor, que conforme Womack e Jones (2004), é simplesmente um processo de observação direta do fluxo de informação e de materiais conforme eles ocorrem, objetivando um resumo visual e vislumbrando um estado futuro com melhor desempenho e conseqüentemente melhor organização de cada bancada.

As bancadas dos postos de trabalho terão sob elas, um acrílico leitoso medindo 600mm x 300mm. Esse acrílico será considerado como delimitador da área disponível para armazenamento de materiais e ferramentas em processo e também, como área de trabalho para agregar valor às peças e materiais.

Ainda sobre o layout, o posto denominado “IPK de FEE” serve exclusivamente para o armazenamento das plataformas de corte que já estarão prontas, devido aos processos de montagem dos postos 01 e 02. O posto denominado “RETRABALHO” é de uso exclusivo para retrabalhar possíveis defeitos de montagem no produto identificados durante a simulação prática.

Da mesma forma, nos postos 1 ao 9, terá uma folha de instrução de trabalho, que contemplam as atividades que deverão ser desenvolvidas e que não serão totalmente claras e objetivas. Nelas, é exposto o passo a passo de montagem, com tópicos enumerados empregando os códigos de cada peça, como é apresentado no Apêndice A. As instruções de trabalho serão plastificadas permitindo que as pessoas registrem observações e melhorias que considerarem importante para facilitar a execução das atividades do posto de trabalho.

Cada instrução de trabalho contém uma vista explodida do conjunto a ser montado, bem como uma imagem da montagem final. Ao lado, a descrição, em ordem, das atividades a serem realizadas para a montagem final do conjunto, além de um campo para observações em sua extremidade inferior. As instruções de trabalho se encontram no Apêndice B.

Como pode-se observar, a instrução de trabalho do primeiro posto, trata da montagem inicial da plataforma de corte, onde é exposta a imagem principal, sobre os passos de montagem do 1.1 ao 1.6, e também uma imagem final de como o produto deve sair montado ao finalizar o posto.

Na instrução de trabalho do segundo posto de montagem constam os passos para a montagem das barras do molinete, que estão divididos em três etapas, do 2.1 a 2.3, representadas pela imagem principal. A imagem final do que deve ser o resultado do produto ao final da montagem também é apresentada.

Na sequência, é apresentada a instrução de trabalho do terceiro posto de montagem, onde temos a explanação de montagem do eixo traseiro e dianteiro,

contemplando os pontos 3.1 e 3.2 para o eixo traseiro e, na sequência, 3.3 e 3.4 para o eixo dianteiro. Também apresenta imagens que representam o passo a passo e o resultado de montagem que se pede no posto. Cabe a observação da colocação de arruelas entre as extremidades das rodas com o parafuso e o rebite.

A próxima instrução de trabalho é do quarto posto de montagem. Nesse posto, deve acontecer o encaixe dos produtos resultantes do posto quatro, eixo dianteiro, com dois parafusos e traseiro com apenas um, na base da colheitadeira, para poder representar a relação de movimento do eixo traseiro. Vale ressaltar, que antes da montagem do eixo traseiro, deve-se fixar um parafuso no rebite mais ao meio da base, que servirá de limitador de movimento para o eixo traseiro.

Na instrução de trabalho do posto seguinte, o quinto, deve ocorrer conforme as imagens, a fixação do capô traseiro na base da colheitadeira, utilizando quatro parafusos e em seguida a fixação da peça que representa o esparramador de palhas, no capô traseiro, utilizando dois parafusos. O produto que deve resultar essa instrução de trabalho de montagem, está exposto na imagem de menor tamanho.

No sexto posto, utilizando quatro parafusos, fixa-se o tanque na base da cabine e em seguida, o extensor do tanque, no tanque, também com quatro parafusos. Ainda, na etapa 6.2, cabe uma observação sobre o número de parafusos utilizados, que poderiam garantir suas funções de fixação com o uso de apenas dois. Isso foi feito, justamente, para que os participantes pudessem sugerir uma melhoria.

A cabine começa a tomar forma na instrução de trabalho de número 7. O primeiro passo desta montagem é o conjunto da cabine, caracterizado pelo encaixe da cabine em sua base, o encaixe do teto na cabine e então a fixação desses componentes com o uso de um parafuso allen no rebite da base. Após, deve ocorrer a fixação do conjunto no tanque da colheitadeira, utilizando dois parafusos. Tudo isso representado pelos passos 7.1 ao 7.4.

A oitava instrução de trabalho representa a fixação da escada e do alimentador na base da cabine, utilizando um parafuso para cada. O suporte do tubo descarregador é fixado, também com um parafuso, no tanque da colheitadeira. Essas etapas são representadas nos tópicos de 8.1 a 8.3. Após, deve-se realizar a

fixação do conjunto da plataforma de corte, montado nos postos um e dois, utilizando dois parafusos e duas porcas.

Como pode-se observar através das imagens da oitava instrução de trabalho, a mini colheitadeira está quase pronta, faltando apenas as instruções de montagem contidas na nona instrução de trabalho.

A nona e última instrução de trabalho é onde, em seus três primeiros tópicos, 9.1 a 9.3, deve-se realizar a fixação do tubo descarregador em seu suporte, da mesma forma a representação da lona no tubo descarregador e também colocar o cover do tanque, logo acima de sua extensão, como representado na primeira divisão das imagens. A etapa final desta última estação de trabalho é caracterizada pela aplicação dos adesivos imantados, como define o tópico 9.4.

Com as instruções de trabalho devidamente estruturadas e demais informações expostas, realizou-se a etapa de estruturação da metodologia de aplicação prática, que é explanada na próxima seção deste trabalho.

#### 4.3 ESTRUTURAÇÃO DA METODOLOGIA DE APLICAÇÃO PRÁTICA

A próxima etapa deste trabalho é composta pelas fases da estruturação da metodologia de aplicação prática: dimensionamento de linha de montagem, pessoas e tempo total necessário, definição das rodadas práticas de aplicação e também algumas regras gerais para melhor emprego dos conceitos.

Ao visar o melhor aproveitamento possível, a quantidade de pessoas que devem participar do treinamento está diretamente ligada ao número de linhas de montagem, sendo assim, o número considerado ideal foi estipulado em no mínimo dez e no máximo doze pessoas em cada linha. Sendo definido um limite de duas linhas de montagem, levando em consideração dois turnos de trabalho (turno A e turno B) para cada aplicação do treinamento. Essa limitação se dá pela estrutura física de peças e ferramentas, bem como pela busca de maior participação e interação das pessoas com o treinamento.

O tempo de duração precisa ser adequado buscando a interatividade e a atenção constante dos participantes, portanto, estimou-se que em quatro horas a aplicação da metodologia deve ser finalizada. Esse tempo é intercalado entre as

rodadas de simulações práticas e no repasse de conceitos teóricos, que estão expostos na segunda etapa da estruturação do treinamento.

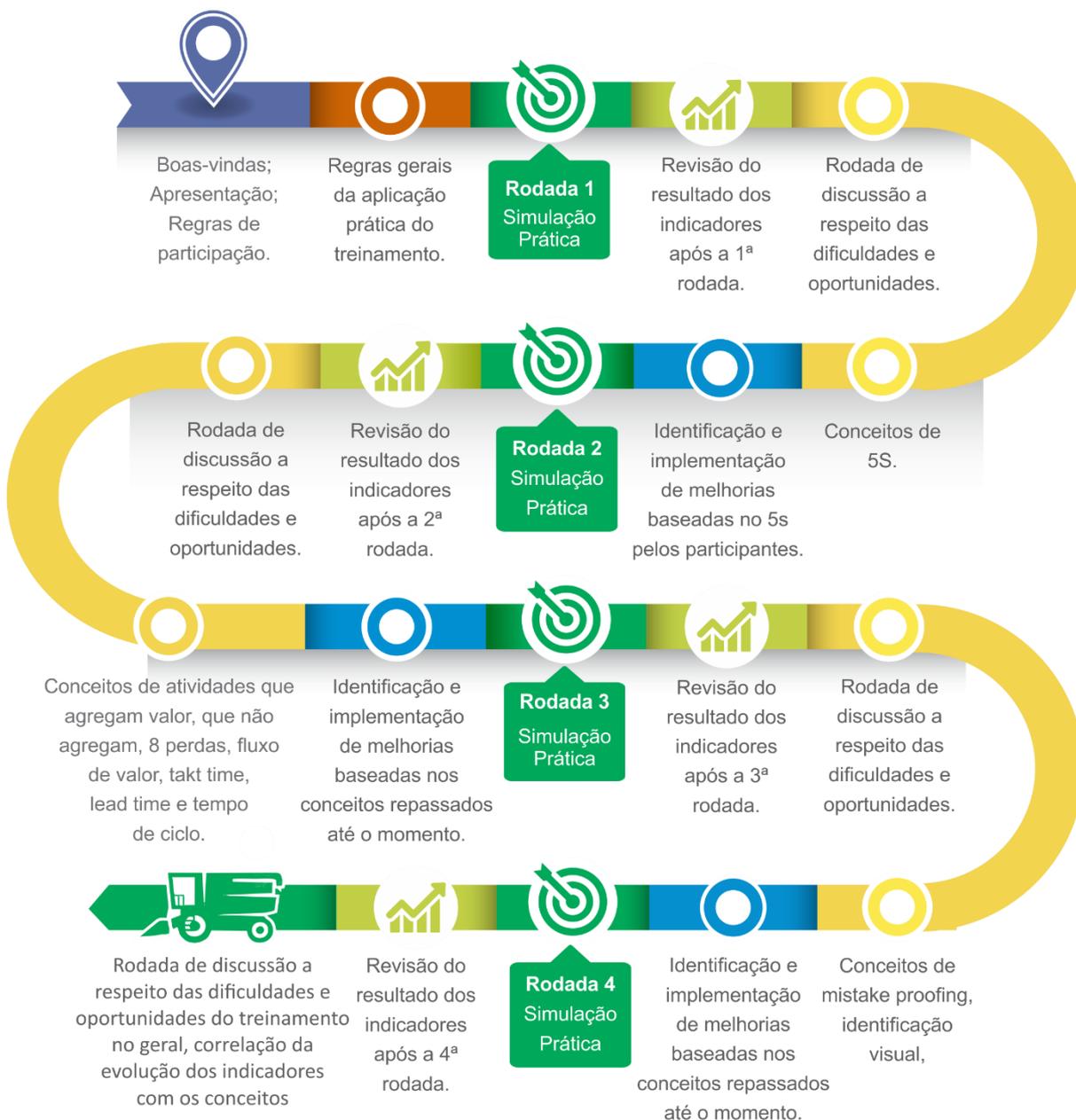
Porém, antes da segunda etapa, é preciso destacar algumas regras gerais que devem ser respeitadas e serão replicadas em todas as rodadas de simulações, salvo algumas mudanças específicas e mencionadas em cada rodada para melhor aplicação dos conceitos.

A exposição das regras segue nos tópicos abaixo:

- Os participantes devem chamar o responsável pela logística para solicitar mais peças. Somente essa pessoa está autorizada a buscar pessoas no estoque;
- Os participantes não devem se levantar e dispersar pelo ambiente durante as simulações de produção;
- Cada estação de trabalho sairá com material e peças suficientes para a produção de 4 unidades, as linhas devem começar “vazias”, somente na rodada em que for autorizado poderá começar com a linha “cheia”, caso for solicitado pelos participantes;
- Os turnos de produção, ou seja, as simulações de produção terão um tempo de 20 minutos;
- Todas as ideias levantadas nos momentos de identificação das melhorias devem ser registradas no quadro de melhoria contínua. Somente as ideias registradas poderão ser implementadas;
- Salvo a rodada 1, os times terão 15 minutos para registrar e implementar ideias de melhoria após a parte teórica de cada rodada;
- Após cada rodada, os indicadores serão preenchidos e se dará uma breve rodada de discussão, de no máximo 5 minutos, para refletir sobre o progresso e o reflexo da aplicação dos conceitos do *lean manufacturing* nos indicadores.

A segunda etapa da estruturação consiste na definição das práticas de aplicação, que são elucidadas através da Figura 10:

Figura 10: Passo a passo para aplicação.



**Fonte:** Os autores, 2018.

Em resumo, o passo a passo de aplicação é caracterizado pelas etapas de boas-vindas, exposição das regras gerais de aplicação e logo em seguida a primeira rodada de prática. Logo após a aplicação da primeira rodada, a metodologia segue uma sequência lógica, onde os indicadores de desempenho devem ser revisados sempre após cada rodada, de acordo com as metas estipuladas e na sequência uma rodada de discussão deve ser iniciada. Sempre após as discussões, serão repassados conceitos específicos sobre a manufatura enxuta para uma etapa de identificação e implementação de melhorias com base nos mesmos. Ao final, após a

última rodada prática e com a revisão dos indicadores devidamente concluída, o treinamento é encerrado com uma rodada de discussões a respeito das dificuldades e oportunidades encontradas e uma correlação da evolução dos indicadores com os conceitos.

A caracterização das funções de cada rodada está exposta nos tópicos 4.3.1 a 4.3.4.

#### 4.3.1 Primeira rodada

Na primeira rodada, os participantes do treinamento recebem algumas regras básicas e em seguida partem para a primeira rodada de simulação da produção. Essa rodada não possui muitas explicações e não deve contar com muito tempo para que as pessoas se situem com as instruções de cada estação de trabalho. O objetivo dessa rodada é demonstrar o quão difícil é a realização de atividades em um ambiente de trabalho desorganizado, com instruções de trabalho não claras e confusas, além de não ter o conhecimento da atividade a ser realizada.

#### 4.3.2 Segunda rodada

Após a experiência inicial, o treinamento segue para a segunda rodada, que inicia com uma explanação teórica sobre a ferramenta do 5s, considerada base para a sustentação do *lean manufacturing*. São repassados, na mesma ordem, os cinco sentidos conforme Silva (1994): senso de organização, senso de utilização, senso de limpeza, senso de padronização e por último, o senso de autodisciplina, que torna todo o processo sustentável.

Após trazer os conceitos de 5s, ao mesmo tempo em que são correlacionados com exemplos práticos da aplicação no dia-a-dia das empresas, as pessoas são envolvidas, em um curto período de tempo, a levantar ideias de melhorias utilizando o que foi absorvido até então, para a linha de produção do treinamento. Com essa atividade, também envolvemos as pessoas na criação da cultura da melhoria contínua (Kaizen), que conforme Sharma (2003), podemos buscar, através de processos organizados, ambiente de trabalho limpo e devidamente pensado, alguns pontos-chave para o processo produtivo em questão, ao melhorar a qualidade e possibilitar a entrega pontual do produto ao final do treinamento.

Vale ressaltar que nessa rodada somente poderão ser efetuadas as ideias de melhorias identificadas e baseadas na ferramenta do 5s. As demais ideias já levantadas devem ficar registradas e sua implementação se dá posteriormente, após as rodadas seguintes. Essa restrição, assim como nas demais rodadas, tem o objetivo de deixar mais claro os benefícios que a aplicação específica dos conceitos de determinada ferramenta irá agregar nos indicadores da produção.

Em sequência, após a aplicação das melhorias de 5s e tendo como ponto de partida que todos os conceitos foram devidamente aplicados, principalmente de padronização, os participantes do treinamento devem trocar de estação de trabalho. Essa troca de estação serve para instigar os participantes sobre o quanto eles conversaram e padronizaram as mudanças de 5s realizadas, um conceito de extrema importância devido a rotatividade que encontramos nas empresas. Se houve padronização das mudanças, ou seja, padronização das instruções e organização dos postos de trabalho, essa troca de estações não deve causar desconforto. Com a conclusão desta etapa, dá-se início a mais uma rodada de produção simulada, mais precisamente, a terceira.

#### 4.3.3 Terceira rodada

A terceira rodada inicia com a parte teórica sobre a eliminação de desperdícios, que segundo Black (1998) é tudo que excede o mínimo necessário de equipamentos, materiais, componentes e mão-de-obra essenciais para produzir, contemplando atividades que agregam valor, que não agregam valor mas são necessárias e que não agregam valor e podem ser eliminadas ou reduzidas.

Também são abordados os tópicos com os oito desperdícios, conforme explana Liker (2005): superprodução, espera, perdas por transporte, superprocessamento, estoque em excesso, movimentos desnecessários, produtos defeituosos e desperdício de criatividade dos funcionários.

Após o repasse das instruções acerca dos desperdícios, é realizada uma abordagem dos conceitos sobre a gestão do fluxo de valor, *takt time*, *lead time* e o tempo de ciclo.

Novamente, visando a prática e a criação da cultura da melhoria contínua, após o repasse dos conceitos é disponibilizado um tempo para que os participantes do treinamento identifiquem oportunidades de melhoria baseado nas ferramentas e conceitos repassados. Algumas perguntas podem ser o ponto de partida para instigar ideias nos participantes, como:

- Como está o inventário?
- Os tempos de processos estão balanceados?
- Há estações gargalos? Se sim, quais são?
- Como está o fluxo dos materiais?
- Como está a organização do layout?
- Há possibilidade de trabalho simultâneo? Submontagens?

Logo em seguida, após a aplicação das mudanças identificadas, mais uma rodada de produção simulada é iniciada, baseando-se nas mesmas regras gerais do treinamento. A partir dessa rodada, caso solicitado e a ideia for registrada, as linhas poderão começar “cheias”, ou seja, com uma pré-montagem estabelecida.

#### 4.3.4 Quarta rodada

Na quarta e última rodada, os conceitos abordados serão os que se referem a dispositivos a prova de erros (*poka-yoke*), visando melhorar a qualidade; Gestão visual (*kanban*), para que nada seja produzido até que o cliente do seu processo solicite a produção de determinado item e; Produção puxada (*just in time*), para que durante o processo de fluxo, as partes solicitadas à montagem cheguem à linha no momento exato em que são necessários e apenas na quantidade requisitada.

Em seguida, com a identificação e aplicação de melhorias baseadas nesses conceitos e ferramentas, será comunicado aos participantes que a solicitação de peças para a pessoa responsável pela logística, somente poderá ser feita através de sinais visuais da linha.

Essa diretriz visa testar a eficiência dos controles visuais criados e, também, da entrega *just in time* da matéria prima, tentando otimizar a quantidade de peças e produtos semiacabados no decorrer da linha de montagem.

Na sequência, inicia-se a última rodada de simulação da produção do produto. Após o término da mesma, é realizada a revisão dos indicadores de desempenho. Com isso é aberta uma etapa para discussões sobre as dificuldades e oportunidades encontradas com o treinamento e também, uma correlação da evolução dos indicadores com os conceitos repassados e aplicados.

Após a estruturação das rodadas e com os postos definidos, foi possível realizar uma simulação com dois produtos fabricados, onde foi feita uma tomada de tempo do processo de montagem em cada posto, sem considerar os postos um e dois, da montagem da plataforma de corte, onde chegamos aos resultados do Quadro 1:

Quadro 1: Tomada de tempos da simulação

Colheitadeira 01							
POSTO	Rodada 01	Rodada 02	Rodada 03	Rodada 04	Rodada 05	Rodada 06	MÉDIA
3	00:01:42	00:01:42	00:02:52	00:01:51	00:03:07	00:02:04	00:02:13
4	00:02:02	00:01:12	00:00:48	00:00:40	00:00:31	00:00:26	00:00:57
5	00:03:20	00:01:35	00:01:09	00:01:04	00:00:45	00:00:47	00:01:27
6	00:02:06	00:02:02	00:01:30	00:01:25	00:01:00	00:01:03	00:01:31
7	00:02:02	00:01:25	00:03:20	00:01:07	00:01:00	00:01:47	00:01:47
8	00:02:40	00:01:48	00:01:42	00:01:31	00:01:06	00:01:14	00:01:40
9	00:01:06	00:01:08	00:02:42	00:01:07	00:00:56	00:01:36	00:01:26
<b>TOTAL</b>	<b>00:14:58</b>	<b>00:10:52</b>	<b>00:14:03</b>	<b>00:08:45</b>	<b>00:08:25</b>	<b>00:08:57</b>	<b>00:11:00</b>

Colheitadeira 02							
POSTO	Rodada 01	Rodada 02	Rodada 03	Rodada 04	Rodada 05	Rodada 06	MÉDIA
3	00:01:41	00:01:21	00:01:51	00:01:58	00:01:37	00:01:40	00:01:41
4	00:01:20	00:01:01	00:00:31	00:00:33	00:00:24	00:00:26	00:00:42
5	00:01:30	00:01:59	00:01:09	00:01:07	00:00:53	00:00:42	00:01:13
6	00:01:35	00:01:37	00:01:28	00:01:20	00:00:54	00:00:42	00:01:16
7	00:00:52	00:00:58	00:01:10	00:01:08	00:01:00	00:00:48	00:00:59
8	00:02:26	00:01:21	00:02:00	00:01:36	00:01:06	00:01:07	00:01:36
9	00:01:21	00:00:56	00:01:14	00:00:55	00:00:50	00:00:49	00:01:01
<b>TOTAL</b>	<b>00:10:45</b>	<b>00:09:13</b>	<b>00:09:23</b>	<b>00:08:37</b>	<b>00:06:44</b>	<b>00:06:14</b>	<b>00:08:29</b>

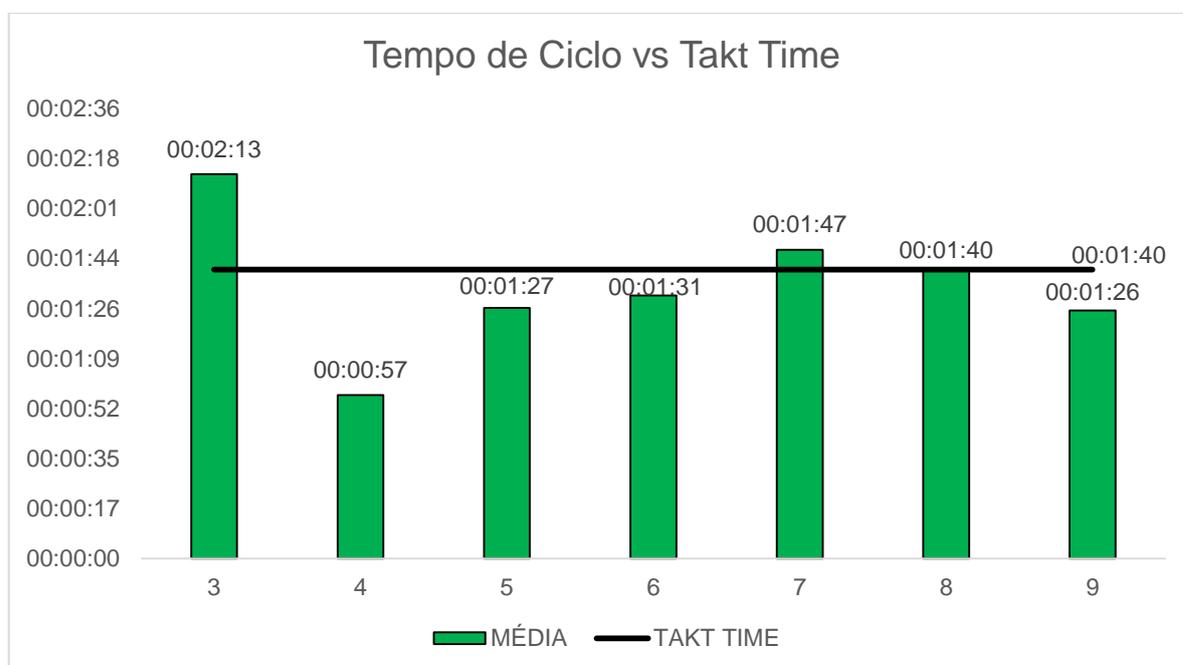
Fonte: Os autores, 2018.

Esta breve tomada de tempos da simulação serviu como base para algumas informações utilizadas no desenvolvimento das métricas dos indicadores de desempenho.

Estipulando um objetivo de produção de 12 colheitadeiras por turno de produção, teremos um *takt time* de 1 minuto e 40 segundos.

Através de uma média simples, a Figura 11 demonstra o tempo de ciclo, considerado como o tempo médio de todas rodadas de simulação da colheitadeira 01, de cada posto, versus o *takt time* necessário para atingir a produção de doze unidades.

Figura 11: Gráfico tempo de ciclo X takt time de cada posto



**Fonte:** Os autores, 2018.

Com a metodologia de aplicação devidamente elaborada e as informações obtidas, a última etapa deste trabalho é representada na próxima seção pela explanação dos indicadores de desempenho.

#### 4.4 INDICADORES

Para demonstrar com clareza os benefícios da aplicação das ferramentas e conceitos da manufatura enxuta, os indicadores são a melhor forma de constatar a evolução positiva no decorrer do treinamento. Como mencionado anteriormente, no

final de cada rodada de simulação da linha de produção, serão preenchidos os indicadores conforme o desempenho.

Diante disso, elaborou-se um quadro para o registro e consequente controle de cada indicador, conforme o Quadro 2:

Quadro 2: Controle de indicadores

 <b>Controle de Indicadores</b>					
INDICADORES	META	Rodada 01	Rodada 02	Rodada 03	Rodada 04
Unidades Conformes	  12				
Unidades Não Conformes	  0				
Unidades Retrabalhadas	  <= 4				
Materiais em Processo (WIP) (un.)	  <= 100				
Lead Time (min.)	  <= 13'				
Takt Time (min.)	  1'40"				
Acidentes	  0				

**Fonte:** Os autores, 2018.

O Quadro 2 apresenta o nome de cada indicador, uma coluna com as metas que devem ser atendidas em cada um, tendo nas setas verdes o ideal para o resultado de cada indicador, bem como as colunas das quatro rodadas para o preenchimento dos resultados de cada um.

Para tanto, pensando em refletir todos os conceitos e ferramentas, bem como a eficiência e eficácia das linhas de produção, os indicadores definidos para o treinamento, expostos no Quadro 2, serão descritos brevemente nos tópicos 4.4.1 a 4.4.5.

#### 4.4.1 Unidades conformes e unidades não conformes

Esse indicador visa identificar quantas unidades, após os 20 (vinte) minutos de simulação, estão completamente prontas e sem nenhuma não conformidade e, quantas unidades saíram ao final da linha de produção e/ou estão na estação de retrabalho porém apresentam alguma não conformidade.

A meta para esse indicador é de 12 (doze) unidades completas e conformes e nenhuma unidade com não conformidades no posto de retrabalho ou no final da linha de produção.

#### 4.4.2 Unidades retrabalhadas

O indicador de unidades retrabalhadas visa identificar quantas colheitadeiras necessitam de algum retrabalho, ou seja, chegaram ao posto de inspeção e foi identificada alguma não conformidade, sendo necessário um retrabalho para que a colheitadeira estivesse conforme especificações de qualidade.

A métrica para esse indicador é de menor ou igual a 4 (quatro) unidades reparadas.

#### 4.4.3 Materiais em processo (*WIP*)

Esse indicador é de extrema importância, visto seu reflexo no dia-a-dia das empresas. Hoje sabe-se que todo material em processo ou material a ser processado é um capital que a empresa possui imobilizado, ou seja, é um capital que não está disponível para seu capital de giro e são materiais que ainda não estão prontos para entregar ao cliente. Além disso, quanto mais material em processo ou aguardando para ser processado, mais espaço físico estaremos utilizando, algo muito concorrido nas plantas das empresas.

Portanto, definir uma quantidade máxima de material em processo, bem como fazer com que os participantes do treinamento entendam a importância de uma utilização correta do *kanban*, por exemplo, e da necessidade de seguir à risca as quantidades de *IPK*, são de extrema importância.

Para a métrica desse indicador, serão consideradas todo o material e peça produtivo e todo subconjunto já montado que se encontra na linha de produção da colheitadeira. O objetivo é ser igual ou menor a 100 (cem) unidades.

#### 4.4.4 *Lead Time* e *Takt Time*

O *Lead Time* consiste no tempo total para a produção de uma unidade completa e conforme. Esse tempo é a soma do tempo de todas atividades de todas as estações de trabalho.

Já o *Takt Time* dita a cada quanto tempo que deve sair uma máquina completa e conforme no final da linha. Isso está relacionado com a demanda do cliente e o tempo disponível para produção.

Entender esses indicadores e melhorar suas performances, é necessário e está diretamente relacionado com a identificação de atividades que não agregam valores, na eliminação dos desperdícios, no balanço das estações de trabalho, identificação de gargalos, etc.

Como métrica para esses indicadores, devido a demanda ser de 12 (doze) colheitadeiras e o tempo de cada simulação ser de 20 (vinte) minutos, possuímos uma métrica de *takt time* de 1 minuto e 40 segundos.

Como meta de *Lead Time*, o tempo para que uma máquina saia completa e conforme deverá ser igual ou menor que 13 minutos.

#### 4.4.5 Acidentes

A importância de conscientizar e prevenir acidentes nos ambientes de trabalho é algo fundamental e que todas as empresas tratam como prioridade. Um dos fatores de maior causa de acidentes, é a pressa e conseqüente desatenção ao realizar as atividades rotineiras. Para isso, e buscando sempre lembrar dessa conscientização, a métrica de acidente visa deixar claro para os participantes o quanto é importante que eles executem suas tarefas em um ritmo adequado e sempre com atenção e utilizando os equipamentos de proteção individual recomendados para a realização da atividade.

A mensuração desse indicador acontecerá da seguinte maneira: todo e qualquer participante que estiver sem o equipamento de proteção individual necessário para a realização da atividade será considerado como um registro de acidente. Todo e qualquer material, peça ou ferramenta que não estiverem nas

respectivas caixas de armazenamento ou sob o acrílico que delimita a estação de trabalho será considerado um registro de acidente.

A métrica para a taxa de acidentes é de nenhuma ocorrência.

## CONCLUSÃO

Os constantes aumentos da concorrência nos diversos setores produtivos, bem como na exigência dos consumidores, fazem com que as organizações cada vez mais busquem pelo aperfeiçoamento de suas atividades. Um elemento de grande importância nessa busca por melhoria são as pessoas.

As pessoas possuem um papel fundamental na produção dos bens ou serviços com qualidade, baixo custo e no momento que o cliente deseja. Esses são os princípios da manufatura enxuta e que devem ser buscados pelas empresas.

Para tanto, o investimento em conhecimento para essas pessoas é fator determinante no sucesso da implementação e sustentação do *lean manufacturing* nas organizações.

Diante disso e conforme mencionado no desenvolvimento do trabalho, onde 70% do aprendizado é resultante da prática da atividade, uma metodologia para treinamentos práticos de *lean manufacturing* vem ao encontro da necessidade tanto de organizações, para treinamentos de funcionários, como para o meio acadêmico que é carente de meios para alinhar a teoria exposta em sala de aula com a prática do dia a dia das organizações.

Ao mesclar a teoria com a prática, de forma extremamente didática, com um produto atrativo e com a estrutura da linha de montagem em uma forma com que se identifique oportunidades de melhorias pelos participantes do treinamento, faz com que, através da mensuração de indicadores, a evolução entre as rodadas com a aplicação da metodologia da manufatura enxuta, seja evidenciada. Essa evidência de melhora através de indicadores é extremamente importante para ajudar na assimilação dos benefícios que uma produção enxuta pode trazer para as

organizações. Para que essa assimilação das melhorias seja efetiva, os indicadores foram pensados e estruturados de maneira que se aproximem com a realidade das organizações.

Um dos principais meios de sustentação do *lean manufacturing* é a melhoria contínua, que é constantemente exercitado pela interação dos participantes no treinamento estruturado. Essa prática, mesmo que em uma linha simulada, objetiva criar a cultura nas pessoas pela busca constante da perfeição, tanto nos processos quanto nos produtos.

Portanto, o presente trabalho resultou na criação de um produto atrativo e de fácil montagem, reproduzindo em menor escala uma colheitadeira de soja, que possibilitou a estruturação de uma linha de montagem com simulações de produção próximas a realidade encontrada no dia-a-dia das indústrias. Além disso, para facilitar a aplicação da melhoria contínua, regras pontuais para a condução da metodologia didática foram elencadas, bem como a disposição inicial da estrutura de *layout* e dos postos de trabalho buscam evidenciar as possíveis oportunidades baseadas nos conceitos do *lean manufacturing*.

Ademais, pensando em futuros trabalhos, a criação de diferentes configurações do produto possibilitará a aplicação de outros conceitos da manufatura enxuta, como o *heijunka*, cronoanálise, identificação visual e análise de causa raiz. Também, seguindo a mesma metodologia, outros produtos em menor escala podem ser o objeto de produção, possibilitando aproximar a realidade didática com a realidade das indústrias, seja elas têxtil, de automóveis, móveis, eletrodomésticos e demais.

## REFERÊNCIAS

BALLOU, R. H. **Logística empresarial: Transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 1993.

BLACK, J. T. **O Projeto da Fábrica com Futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998.

CHASE, R.B. STEWART, D.M. **Mistake Proofing: designing Errors Out**. Morrisville: John Grout. 2002.

CORRÊA. H. L., GIANESI I. G. N. **Just-in-time, MRP II e OPT: Um enfoque estratégico**. 2ª Ed. São Paulo: Atlas S.A., 1993.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-in time**. Caxias do Sul: UCS, 1996.

JONES, D.; WOMACK, J. **Enxergando o Todo – Mapeando o Fluxo de valor Estendido**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.

KARDEC, A.; FLORES, J. SEIXAS, E. **Gestão estratégica e indicadores de desempenho**. Rio de Janeiro: QualityMark Editora. 2008.

KAYSER, D. **Identificação e Redução de Perdas Segundo o Sistema Toyota de Produção: Um Estudo de Caso na Área de Revestimento de Superfícies**. 2001. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/detlev%20kayser.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2018.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota. 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LINDGREN, P. C. **Implementação do Sistema de Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing) na Indústria Aeronáutica**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Taubaté, São Paulo, 2004. Disponível em: <[http://www.ppga.com.br/mestrado/2004/lindgren-paulo\\_cesar\\_correa.pdf](http://www.ppga.com.br/mestrado/2004/lindgren-paulo_cesar_correa.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2018.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PARENZA, M. N. **O papel e as responsabilidades do gestor no treinamento, desenvolvimento e educação de colaboradores e na disseminação do método**

**de aprendizagem em uma indústria do setor agrícola.** 2016. Monografia (Bacharel em Administração) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/158570/001021604.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 18 out. 2018.

RIANI, A. M. **Estudo de Caso: O Lean Manufacturing Aplicado na Becton Dickinson.** 2006. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2006. Disponível em: <[http://www.ufjf.br/ep/files/2009/06/tcc\\_jan2007\\_alineriani.pdf](http://www.ufjf.br/ep/files/2009/06/tcc_jan2007_alineriani.pdf)> Acesso em: 16 ago. 2018.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar. Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar Desperdício.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SHARMA, A. MOODY, P. E. **A Máquina Perfeita: Como vencer na nova economia produzindo com menos recursos.** São Paulo: Prentice Hall, 2003.

SHIMBUN, N K. **Poka-Yoke: improving product quality by preventing defects.** Portland: Productivity Press, 1988.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de produção.** Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, J. M. da. **5S o ambiente da qualidade.** 2. ed. Belo Horizonte: Littera Maciel, 1994.

SLACK et al. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 1999.

SLACK et al. **Administração da Produção.** Trad. Ailton Bonfim Brandão et al. São Paulo: Atlas, 1996.

SLACK et al. **Gerenciamento de Operações e de Processos: Princípios e prática de impacto estratégico.** Porto Alegre: Bookman, 2008.

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

TAKASHINA, N. T.; FLORES, M. C. X. **Indicadores de Qualidade e do Desempenho: Como estabelecer metas e medir resultados.** Rio de Janeiro: Qualitymark Editora. 1996.

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

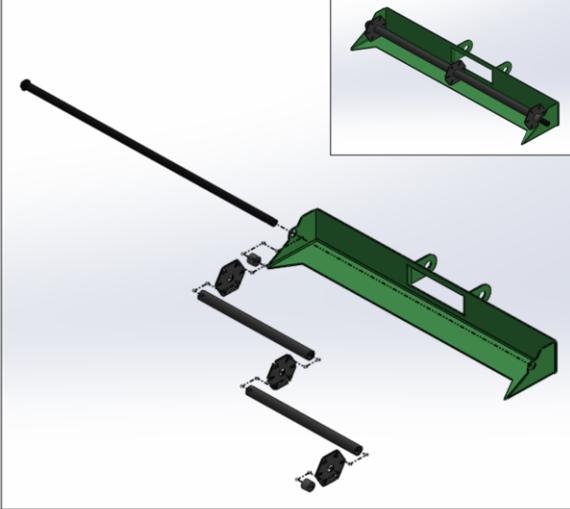
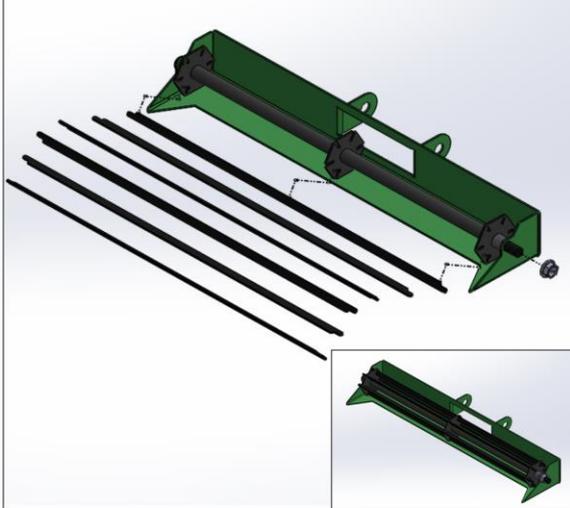
TOLEDO L. **Proposta de roteiro de implementação dos conceitos de manufatura enxuta baseado num modelo corporativo.** 2002. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, Brasil, 2002.

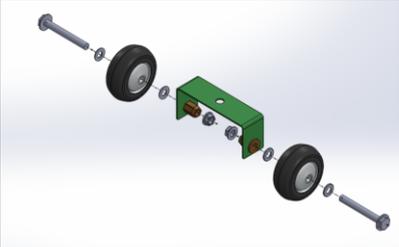
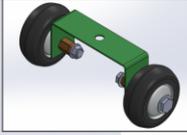
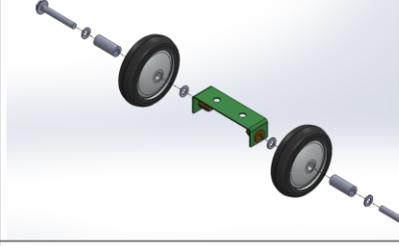
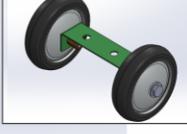
TRIPP, D. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica.** São Paulo: Educação e

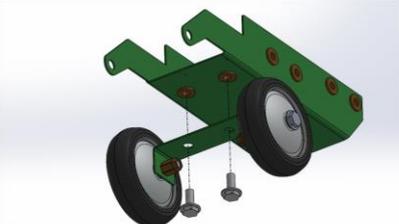




## APÊNDICE B – INSTRUÇÕES DE TRABALHO DOS POSTOS DE MONTAGEM

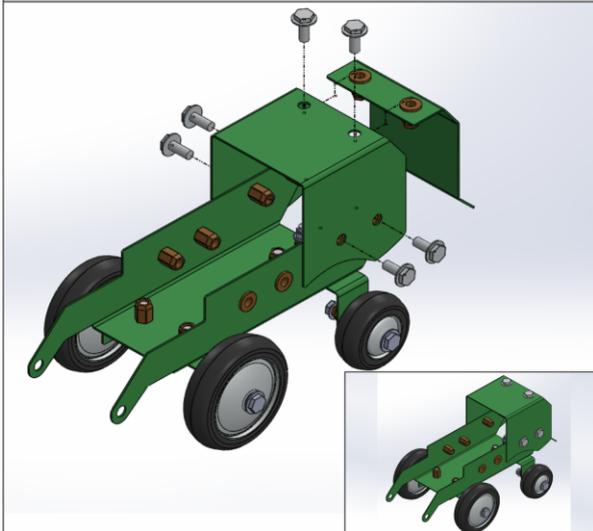
Montagem - Posto 01	
1 - MONTAGEM DO EIXO DO MOLINETE, DOS BATEDORES CENTRAIS, BATEDORES LATERAIS E TUBOS ESPAÇADORES	
 <p style="text-align: center;">Modelo: PW10</p>	1.1 - Inserir o eixo (FEE_05) na furação da base da FEE (FEE_01), passando metade do eixo.
	1.2 - Inserir um mini tubo espaçador (FEE_06) e em seguida um batedor lateral (FEE_04) no eixo (FEE_05) do molinete.
	1.3 - Inserir um tubo espaçador (FEE_07) no eixo (FEE_05).
	1.4 - Inserir um batedor central (FEE_03) no eixo (FEE_05) do molinete.
	1.5 - Inserir um tubo espaçador (FEE_07) no eixo (FEE_05).
	1.6 - Inserir um batedor lateral (FEE_04) e em seguida um mini tubo espaçador (FEE_06) no eixo (FEE_05) do molinete.
Observações:	
Montagem - Posto 02	
2 - MONTAGEM DAS BARRAS DO MOLINETE	
 <p style="text-align: center;">Modelo: PW10</p>	2.1 - Inserir seis barras (FEE_02) no batedor central (FEE_03) e batedores laterais (FEE_04) que estão no eixo (FEE_05) da plataforma de corte (FEE_01).
	2.2 - Inserir o eixo (FEE_05) no outro furo da base da FEE (FEE_01).
	2.3 - Inserir uma porca auto travante (PR_01) na ponta do eixo (FEE_05).
Observações:	

Montagem - Posto 03	
3 - MONTAGEM DAS RODAS NOS EIXOS DIANTEIRO E TRASEIRO	
<b>EIXO TRASEIRO</b>	<b>EIXO TRASEIRO</b>
	<p>3.1 - Utilizar o parafuso PF_02 e fixar as rodas RD_02 no eixo traseiro (CA_03). Obs.: Colocar arruela (AR_01) entre a roda e o rebite e entre a flange do parafuso e a roda.</p>
	<p>3.2 - Colocar uma contra porca (PR_01) no parafuso de fixação das rodas traseiras. Obs.: As rodas devem girar.</p>
<b>EIXO DIANTEIRO</b>	<b>EIXO DIANTEIRO</b>
	<p>3.3 - Colocar duas buchas (BA_01) no interior do furo das rodas RD_01.</p>
	<p>3.4 - Utilizar parafusos PF_02 e fixar as rodas RD_01 no eixo dianteiro (CA_02). Obs.: Colocar arruela (AR_01) entre a flange do parafuso e a roda e entre a roda e o rebite.</p>
Modelo: PW10	
Observações:	

Montagem - Posto 04	
4 - MONTAGEM DOS EIXOS DIANTEIRO E TRASEIRO NA BASE DA COLHEITADEIRA	
<b>EIXO DIANTEIRO NA BASE</b>	<b>EIXO DIANTEIRO NA BASE</b>
	<p>4.1 - Fixar o conjunto do eixo dianteiro na base da colheitadeira (CA_01) utilizando parafusos PF_02.</p>
	<b>LIMITADOR DE MOVIMENTO E EIXO TRASEIRO NA BASE</b>
<b>LIMITADOR DE MOVIMENTO E EIXO TRASEIRO NA BASE</b>	<b>LIMITADOR DE MOVIMENTO E EIXO TRASEIRO NA BASE</b>
	<p>4.2 - Colocar um parafuso PF_01 na base da colheitadeira (CA_01) para limitar o movimento no eixo traseiro.</p>
	<p>4.3 - Fixar o conjunto do eixo traseiro na base da colheitadeira (CA_01) utilizando o parafuso PF_02. Obs.: Colocar contra porca para permitir a movimentação do eixo traseiro.</p>
Modelo: PW10	
Observações:	

### Montagem - Posto 05

#### 5 - MONTAGEM DO CAPÔ TRASEIRO E DO ESPARRAMADOR DE PALHA



5.1 - Fixar o capô traseiro (CA\_09) na base da colheitadeira (CA\_01) utilizando parafusos PF\_01.

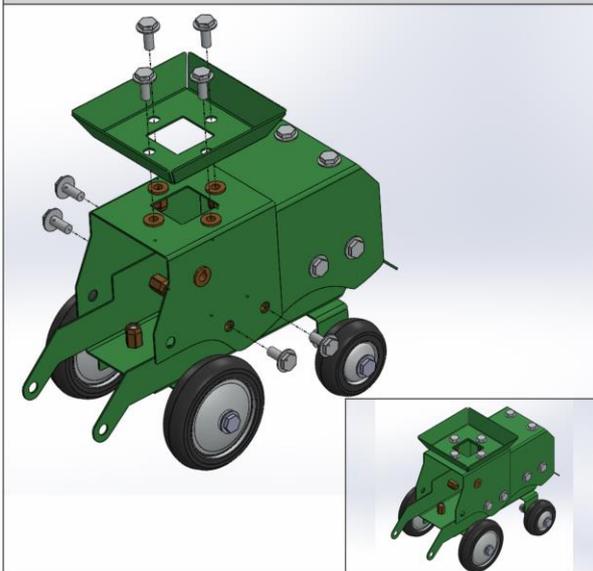
5.2 - Fixar o esparramador de palha (CA\_10) no capô traseiro (CA\_09) utilizando parafusos PF\_01.

Modelo: PW10

Observações:

### Montagem - Posto 06

#### 6 - MONTAGEM DO TANQUE E EXTENSOR DO TANQUE

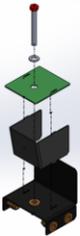
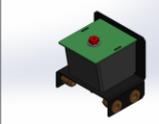
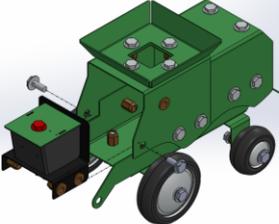


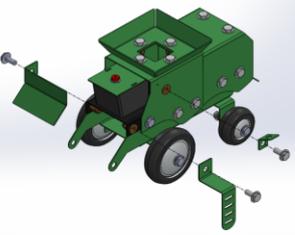
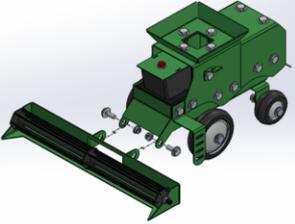
6.1 - Fixar o tanque (CA\_08) na base da colheitadeira (CA\_01) utilizando parafusos PF\_01.

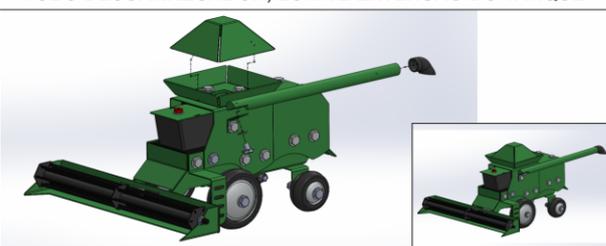
6.2 - Fixar o extensor do tanque (CA\_04) no tanque (CA\_08) utilizando parafusos PF\_01.

Modelo: PW10

Observações:

<b>Montagem - Posto 07</b>	
7 - MONTAGEM DA CABINE	
<b>CONJUNTO DA CABINE</b>	<b>CONJUNTO DA CABINE</b>
 	<p>7.1 - Encaixar a cabine (CAB_02) na base da cabine (CAB_01).</p> <p>7.2 - Encaixar o teto da cabine (CAB_03) na cabine (CAB_02).</p>
<b>CONJUNTO DA CABINE NA BASE</b>	<p>7.3 - Fixar o teto (CAB_03) e a cabine (CAB_02) na base da cabine (CAB_01) utilizando parafuso allen PF_03 e uma arruela AR_01, entre o parafuso e o teto.</p>
 	<b>CONJUNTO DA CABINE NA BASE</b>
Modelo: PW10	<p>7.4 - Fixar o conjunto cabine no tanque (CA_08) utilizando parafusos PF_01.</p>
Observações:	

<b>Montagem - Posto 08</b>	
8 - MONTAGEM DO ALIMENTADOR, ESCADA SIMPLES, SUPORTE DO TUBO DESCARREGADOR E PLATAFORMA DE CORTE	
<b>ESCADA, ALIMENTADOR E SUPORTE DESCARREGADOR</b>	<b>ESCADA, ALIMENTADOR E SUPORTE DESCARREGADOR</b>
 	<p>8.1 - Fixar o alimentador (CA_07) na base da cabine (CAB_01) utilizando parafuso PF_01.</p> <p>8.2 - Fixar a escada simples (CA_06) na base da cabine (CAB_01) utilizando parafuso PF_01.</p>
<b>PLATAFORMA DE CORTE</b>	<p>8.3 - Fixar o suporte do tubo descarregador (CA_11) no tanque (CA_08) utilizando parafuso PF_01.</p>
 	<b>PLATAFORMA DE CORTE</b>
Modelo: PW10	<p>8.4 - Fixar o conjunto da plataforma de corte, na base da colheitadeira (CA_01) utilizando parafusos PF_01 e porcas PR_01.</p>
Observações:	

Montagem - Posto 09	
9 - MONTAGEM DO TUBO DESCARREGADOR, LONA, EXTENSÃO DO TANQUE, ADESIVOS LATERAIS E TRASEIRO.	
<b>TUBO DESCARREGADOR, LONA E EXTENSÃO DO TANQUE</b>	<b>TUBO DESCARREGADOR, LONA E EXTENSÃO DO TANQUE</b>
	9.1 - Fixar o tubo descarregador (CA_12) no suporte (CA_11) utilizando parafuso PF_01.
	9.2 - Fixar a representação da lona (CA_13) no tubo descarregador (CA_12).
<b>ADESIVOS LATERAIS E TRASEIRO</b>	
	9.3 - Colocar o cover do tanque (CA_05) em cima da extensão do tanque (CA_04).
	<b>ADESIVOS LATERAIS E TRASEIRO</b>
Modelo: PW10	9.4 - Colocar adesivo traseiro (AD_01) no esparramador de palha (CA_10), adesivo lateral esquerdo (AD_02) e adesivo lateral direito (AD_03) nas laterais do tanque e capô traseiro.
Observações:	

**Fonte:** Os autores, 2018.