

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Análise e melhoria de processos com ênfase na
utilização da ferramenta *Mock Up*: um estudo de
caso

MARIANA DALCENO MOURISCO

Orientador: Prof. Dr. Walther Azzolini Junior

São Carlos

2015

Mariana Dalceno Mourisco

Análise e melhoria de processos com ênfase na utilização da ferramenta *Mock Up*: um estudo de caso

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo para obtenção do título
de Engenheira de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Walther Azzolini Junior

São Carlos

2015

RESUMO

MOURISCO, M. D. **Análise e melhoria de processos com ênfase na utilização da ferramenta *Mock Up*: um estudo de caso.** Trabalho de Conclusão de curso. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

O conceito de *Lean Manufacturing* (produção enxuta) teve origem no TPS – *Toyota Production System*, desenvolvido por Taiichi Ohno na década de 50 no Japão com o objetivo central de identificar e eliminar desperdícios, como excesso de produção, movimento, transporte, estoque, espera, atividades desnecessárias e defeitos no ciclo de produtivo. Com o desenvolvimento de ferramentas e técnicas relacionadas à produção enxuta, surgiram oportunidades para empresas dos mais variados segmentos melhorem seus processos de maneira contínua, o que permite que estas tenham ganhos significativos em termos de produtividade. O presente trabalho apresenta uma pesquisa a respeito do conceito de Produção Enxuta, aplicada à área de montagem de núcleo de reatores elétricos de uma empresa multinacional alemã. Foram levantados os aspectos que fundamentam a abordagem enxuta e que deverão ser considerados durante a montagem do núcleo dos produtos da empresa em questão. Para a identificação dos atuais problemas e limitações existentes na área avaliada, bem como para simular os ganhos em termos de produtividade, ergonomia e qualidade proporcionados pelas melhorias propostas, foi utilizada a ferramenta *Mock Up*. O desenvolvimento do presente trabalho buscou também minimizar a resistência das pessoas envolvidas nos processos em análise à mudança juntamente com sua conscientização a respeito da importância de se pensar de forma “enxuta”. Por fim, são apresentados os resultados da aplicação da ferramenta *Mock Up* nos processos analisados.

PALAVRAS-CHAVE: Produção Enxuta. Melhoria Contínua. *Kaizen*. *Mock Up*.

ABSTRACT

MOURISCO, M. D. Process analysis and improvement with emphasis on the using of the Mock Up tool: case study. Graduation Work. Engineering School of São Carlos - University of São Paulo, São Carlos, 2015.

The concept of Lean Manufacturing had its origins on the TPS – Toyota Production System, developed by Taiichi Ohno in Japan in the 1950's with the purpose of identifying and eliminating wastes, such as overproduction, motion, transport, inventory, waiting, unnecessary activities and defects on the manufacturing process. With the development of tools and techniques related to Lean Manufacturing, enterprises from the most different fields were able to improve their processes in a continuous way, which allowed them to have significant productivity gains. The present work presents a research of Lean Manufacturing, applied to the electric reactors core assembly area of a German multinational company. The main Lean aspects taken into consideration in the reactor core assembly area of the mentioned company were raised. The Mock Up tool was used to identify the current issues and wastes of the studied area, as well as to simulate the gains in terms of productivity, ergonomics and quality. This work also aims at decreasing employee's resistance to change, contributing to make them aware of the importance of Lean Manufacturing. Finally, the results of the use of the Mock Up tool are presented.

KEY WORDS: Lean Manufacturing. Continuous Improvement. Kaizen. Mock Up.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estágios SMED.....	22
Figura 2: Modelo de <i>Canvas</i>	25
Figura 3: Modelo de A3	26
Figura 4: Etapas básicas do Mapeamento do Fluxo de Valor.	29
Figura 5: Estrutura organizacional da empresa.	39
Figura 6: Materiais organizados na ordem certa de montagem.....	48
Figura 7: Estrado de madeira para posicionar material na carreta.....	49
Figura 8: Dispositivo <i>Poka Yoke</i> para facilitar processo.	49
Figura 9: Carrinho de ferramentas improvisado para a simulação.	50
Figura 10: Carrinho improvisado para a etapa 5.	50
Figura 11: Degrau de fácil ajuste para facilitar processo.	55
Figura 12: Carreta finalizada com estrado fixo.	56
Figura 13: Carrinho de ferramentas definitivo.	56
Figura 14: Carrinho para etapa 5 definitivo.	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Princípios do <i>Lean</i> e ferramentas aplicáveis.....	18
Quadro 2: Cronograma do Evento <i>Mock Up</i>	42
Quadro 3: Melhorias levantadas na análise.....	46
Quadro 4: Plano de ações e departamentos responsáveis.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Durações das etapas do processo no estado atual.....	44
Tabela 2: Distâncias percorridas por etapa.....	44
Tabela 3: Ganhos em termos de tempo com as melhorias no processo.....	52
Tabela 4: Ganhos em termos de distância percorrida com as melhorias no processo.	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEO - *Chief Executive Officer*

CFO - *Chief Financial Officer*

TPS - *Toyota Production System*

SMED - *Single Minute Exchange of Die*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE QUADROS	4
LISTA DE TABELAS	5
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	6
1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Contextualização e Justificativa	9
1.2 Objetivo Geral e Objetivos Específicos	10
1.2 Estrutura de trabalho	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 <i>Lean Manufacturing</i>	12
2.1.1 Origem e Princípios	12
2.1.2 Os Sete Desperdícios	15
2.2 Ferramentas <i>Lean</i>	18
2.2.1 Introdução às ferramentas <i>Lean</i>	18
2.2.2 5S	19
2.2.3 SMED	21
2.2.4 <i>Kanban</i>	23
2.2.5 Gestão Visual	24
2.2.6 <i>Poka Yoke</i>	27
2.2.7 Mapeamento do Fluxo de Valor	28
2.3 Melhoria Contínua	32
2.3.1 <i>Kaizen</i>	32
2.3.2 <i>Mock Up</i>	33

3. ESTUDO DE CASO	37
3.1 Ambiente da Pesquisa	37
3.1.1 Descrição da Empresa	37
3.1.2 Estrutura Organizacional Envolvida	38
3.2 Método de Pesquisa	39
3.2.1 Tipo de Pesquisa	40
3.2.2 Etapas da Pesquisa	41
3.3 Formação da Equipe e Treinamento	41
3.4 Dados e Análise	42
3.4.1 Objeto de Estudo	42
3.4.2 Filmagem e Análise do Estado Atual	43
3.4.3 Proposta de Melhorias	45
3.4.4 Preparação para a Simulação e Nova Filmagem	47
3.5 Resultados	51
3.5.1 Ganhos	51
3.5.2 Plano de Ações	53
3.5.3 Implementação	55
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e Justificativa

A mudança a partir da inovação impulsiona a flexibilidade e podem ser considerados elementos fundamentais para qualquer empresa que deseja manter-se competitiva no mercado globalizado do mundo contemporâneo. O atual nível competitivo mundial tem demandado a adoção de sistemas produtivos e administrativos eficientemente ágeis e suficientemente fortes para os padrões estabelecidos pela nova formação econômica da sociedade.

Desse modo, empresas dos mais variados segmentos tem buscado aumentar sua competitividade utilizando estratégias que permitam minimizar a variação nos processos produtivos, eliminar desperdícios e reduzir custos operacionais (WOMACK e JONES, 1996).

Diante deste cenário, uma das principais alternativas encontradas, tem sido a adaptação do Sistema Toyota de Produção (TPS - *Toyota Production System*), com ênfase no pensamento enxuto, onde cada empresa tem a liberdade de criar e adaptar os seus próprios modelos de produção. Esse princípio, denominado *Lean Manufacturing* ou Manufatura Enxuta tem como base a combinação de técnicas e ferramentas cada vez mais sofisticadas para produzir mais com menos recursos e menos mão de obra, de maneira a se eliminar desperdícios.

Muito tem sido falado sobre a importância e os benefícios da implantação da produção enxuta como forma de melhorar o desempenho das organizações industriais em um cenário de intensa competição em escala global. Nesse contexto, um dos conceitos amplamente utilizados no pensamento enxuto é o da Melhoria Contínua de processos, ou *Kaizen*, que prega o constante aprimoramento de processos e pessoas através de técnicas e ferramentas de inovação (ROTHER e SHOOK, 2003).

No entanto, um fenômeno que tem tornado a aplicação de melhoria contínua nas empresas menos eficaz é o fato de serem levantados em eventos *Kaizen* os potenciais ganhos de produtividade em processos de maneira empírica, sem números e dados concretos dos benefícios proporcionados pelas melhorias propostas. Dessa forma, a ferramenta *Mock Up* permite o cálculo dos reais ganhos obtidos através de melhorias em processos, por meio de simulações

durante a produção, no próprio chão de fábrica, de melhorias propostas para tornar os processos mais eficientes e eficazes.

1.2 Objetivo Geral e Objetivos Específicos

Esse trabalho tem como objetivo geral apresentar uma aplicação dos princípios do *Lean Manufacturing* e *Kaizen*, através da ferramenta *Mock Up* no processo de montagem de núcleo dos reatores fabricados pela empresa objeto do estudo.

Contudo, o objetivo geral é desdobrado em sete principais objetivos como apresentado neste tópico:

- Estudar e utilizar as ferramentas de *Lean Manufacturing*, para avaliar os desperdícios e potenciais ganhos em processos da área estudada;
- Estudar e aplicar os conceitos de *Kaizen* e da ferramenta *Mock Up*;
- Fazer a análise dos processos e levantamento de potenciais melhorias através da avaliação de filmagens;
- Realizar um *Brainstorm* para propor ideias de melhorias aos processos estudados;
- Elaborar protótipos de dispositivos que facilitem a execução de determinadas atividades nos processos estudados;
- Realizar a simulação dos processos estudados a partir do uso dos dispositivos elaborados;
- Avaliar os resultados alcançados pelas melhorias propostas.

1.2 Estrutura de trabalho

O trabalho está estruturado em cinco capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Estudo de Caso, Considerações Finais e Referências Bibliográficas.

O primeiro capítulo apresenta a contextualização e justificativa, objetivo e a estrutura do trabalho. Já na revisão bibliográfica encontra-se toda a teoria utilizada como base para o

desenvolvimento do trabalho. Os principais conceitos apresentados são relacionados à Manufatura Enxuta e Melhoria Contínua.

No terceiro capítulo, os conceitos pesquisados são colocados em prática na empresa objeto de estudo, de maneira a mostrar os benefícios obtidos com sua implementação. Por fim, são comentados os resultados do presente trabalho, e logo na sequência são listadas todas as referências bibliográficas utilizadas em sua elaboração.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Lean Manufacturing*

2.1.1 Origem e Princípios

Em 1973, a crise do petróleo provocou uma grande recessão mundial, afetando economias e empresas de todo o mundo. Esse retrocesso econômico foi bastante sentido pelas empresas japonesas, que começaram a enfrentar fortes problemas para se estabilizar no mercado. Entretanto, a *Toyota Motor Company* despontava no mercado superando as demais empresas distribuídas em diferentes partes do mundo, mesmo que com ganhos inferiores aos anteriormente obtidos (OHNO, 1997). Foi a partir deste cenário mundial, segundo Ghinato (2000), que o chamado Sistema Toyota de Produção (TPS – *Toyota Production System*) começou a ser mundialmente reconhecido e seus conceitos passaram a ser utilizadas por várias empresas dispostas a crescer utilizando uma mentalidade enxuta. A origem dos conceitos do TPS, quanto a concepção teve início bem mais cedo.

De acordo com Ohno (1997), a concepção do TPS ocorreu logo após a Segunda Guerra Mundial, num Japão devastado e com recursos muito escassos. Nessa ocasião, o então presidente da *Toyota* estabeleceu um prazo de três anos para a empresa alcançar os índices de desempenho da indústria norte americana. Como a diferença de produtividade entre a *Toyota* e as empresas americanas não era proveniente de esforço físico dos trabalhadores, notou-se que era necessário aprimorar a eficiência dos processos produtivos. Isso associado à necessidade de se economizar recursos fez com que a *Toyota* procurasse eliminar desperdícios, ideia que marcou o início do TPS.

Segundo Ohno (1997) o Sistema Toyota de Produção desenvolveu-se a partir de uma necessidade. Certas restrições no mercado consumidor japonês tornaram necessária à concepção de um sistema de produção com ênfase na manufatura de pequenas quantidades de muitas variedades (de produtos) sob condições de baixa demanda; foi esse o destino da indústria automobilística japonesa no período de pós-guerra.

De acordo com Ghinato (1996) o Sistema Toyota de Produção tem sido mais recentemente referenciado como “Sistema de Produção Enxuta”. O termo “*Lean*” foi popularizado no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” de Womack, Jones e Roos (1992), como resultado de um amplo estudo sobre a indústria automobilística mundial realizada pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*, EUA), no qual se evidenciou as vantagens no uso do TPS e a superioridade da gestão da Toyota sobre as demais empresas avaliadas.

Nesse estudo foram descritos também os principais elementos para essa superioridade da produção enxuta, uma vez que os japoneses usavam menos esforço humano, investimento de capital, instalações, estoques e tempo para fabricação, desenvolvimento de produtos, entre outros.

É dentro deste contexto que começaram a surgir algumas definições do modelo de gestão da produção japonês como resultado da evolução conceitual do Sistema Toyota de Produção, e o resultado, contudo, foi a partir do trabalho do MIT que originou concepção de *Lean Manufacturing*.

Womack e Jones (2004), por exemplo, definem a Manufatura Enxuta como uma abordagem que procura a melhor forma de se organizar e gerenciar os relacionamentos de uma empresa com seus clientes, cadeia de fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção.

Com isso, procura-se fazer cada vez mais com menos (menor quantidade de equipamento, menor esforço humano, menor tempo, menor custo, etc.).

Para Shah e Ward (2002), a Manufatura Enxuta representa, na verdade, um conjunto de técnicas de gestão, como *just in time*, sistemas de qualidade, manufatura celular, entre outros. Shingo (1996), por sua vez, analisa o poder do *Lean Manufacturing* através de uma analogia, o qual afirma que o modelo gerencial é tão poderoso que poderia extrair água torcendo uma toalha seca.

De uma maneira geral, a Produção Enxuta combina uma série de princípios para eliminar desperdícios durante a produção, buscando separar atividades que agregam valor ao produto final das que não agregam nenhum valor ao mesmo.

Nesse sentido, Womack e Jones (1996) citam 5 princípios básicos do *Lean Manufacturing*:

- I. Especificar **Valor** para cada produto;
- II. Identificar **Cadeia de Valor** para cada produto;
- III. Fazer o **Fluxo de Valor** acontecer sem interrupções;
- IV. Deixar o **Cliente Puxar** o valor do produto;
- V. Perseguir a **Perfeição**;

Segundo Womack e Jones (1996), o valor do que a empresa deve produzir precisa ser especificado pelo próprio cliente, de modo que a mesma tenha a percepção do que é realmente necessário e procurado pelos clientes, podendo assim, focar seus esforços principalmente nas atividades que agregam ao produto os valores pré-definidos.

Para que a empresa produza aquilo que representa valor para os consumidores, é necessário ter em conta todo o processo de produção, desde as matérias-primas até sua entrega final. Desse modo, é muito importante identificar a cadeia de valor de cada produto, ou seja, identificar em todo o fluxo que o produto percorre dentro do processo produtivo as atividades que agregam valor, as que não agregam valor, mas são necessárias para que o produto seja fabricado, e as que não agregam valor de nenhuma forma, sendo consideradas como desperdícios (WOMACK e JONES, 1996).

Definida a cadeia de valor, é necessário fazer o produto passar da concepção ao lançamento, do pedido à entrega e da matéria prima às mãos do cliente de maneira contínua, sem estoques intermediários, refugos ou retrofluxos. O fluxo contínuo do produto pelo processo produtivo dá maior transparência ao processo, sendo mais fácil detectar erros. Além disso, ele permite uma rápida concepção, produção e distribuição dos produtos, atendendo melhor as necessidades dos clientes (WOMACK e JONES, 1996).

Ainda de acordo com Womack e Jones (1996), é fundamental que o produto seja puxado pelo cliente, ou seja, é preciso identificar o momento em que o cliente necessita o produto. Somente quando o cliente sinaliza a necessidade do produto que a produção é acionada, o que elimina a superprodução e consequentes custos com estoque. Como resultado, tem-se uma sintonia entre o ritmo da produção e o ritmo das vendas (*takt time*) e uma redução do custo e do risco de antecipação das vendas. Por fim, é essencial buscar sempre a perfeição enquanto implantar produção enxuta. É muito importante ter a noção de que sempre há uma forma melhor de se realizar qualquer atividade, guiando-se sempre pela melhoria contínua (*kaizen*). Dessa forma, a empresa deve estar sempre aberta a potenciais mudanças nos seus sistemas gerenciais e processos produtivos (WOMACK e JONES, 1996).

Resumidamente, a Produção Enxuta busca aumentar o valor do produto para o cliente, sempre através de princípios que buscam a melhoria contínua dos processos produtivos como um todo, bem como a eliminação dos principais desperdícios neles existentes. Assim, é preciso entender que o *Lean Manufacturing* não é somente um apanhado de conceitos e técnicas: existe uma lógica por trás de tudo, que busca coerência e sinergia entre os elementos do sistema produtivo e que, se não for bem compreendida, não trará os resultados esperados (GHINATO, 1996), sendo o principal objetivo a redução das perdas agrupadas, embora não restrito a apenas a esse número, em sete tipos principais de desperdícios de acordo com o tópico 2.1.2.

2.1.2 Os Sete Desperdícios

Como dito anteriormente, o *Lean Manufacturing* é focado na melhoria contínua e eliminação de desperdícios existentes nos processos produtivos, de modo a torná-los mais eficientes. Esses desperdícios devem ser todos analisados e ponderados porque estão inter-relacionados e são facilmente encobertos pela complexidade de uma grande organização (SHINGO, 1996).

De acordo com Womack e Jones (2004) o desperdício é a execução de atividades humanas que absorvem recursos, mas não criam nenhum valor. Os autores ainda afirmam que a Produção Enxuta é o resultado da eliminação de sete tipos clássicos de desperdícios.

Como desperdícios principais, são considerados:

a) Superprodução:

Desperdício causado quando se produz antes do momento necessário, indo contra a Filosofia *Lean*, que prega que a produção deve ser sincronizada com a demanda. Isso faz com que os produtos fabricados fiquem estocados aguardando a ocasião de serem consumidos ou processados por etapas posteriores, acarretando outros tipos de desperdícios.

b) Espera:

Consiste no tempo em que não é feito nenhum tipo de processamento, transporte ou inspeção no produto. Quando existem longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informação, o fluxo de produção fica pobre.

c) Transporte Desnecessário:

Deslocamentos desnecessários do produto, decorrentes de ineficiências no seu fluxo de movimentação e/ou arranjo físico inadequado das instalações da fábrica. O transporte desnecessário do produto acarreta um dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia.

d) Processos Inadequados:

Utilização inadequada da capacidade da mão de obra, máquinas ou equipamentos, de modo que estes não agreguem valor ao produto final. Quando processos inadequados são eliminados, não ocorrem modificações nas características e funções básicas do produto, provando, assim, que estes são desnecessários.

e) Movimentação Desnecessária:

Consiste nos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação. Esse tipo de desperdício ocorre principalmente quando há desorganização do

ambiente de trabalho, resultando no baixo desempenho de aspectos ergonômicos e frequente perda de ferramentas de trabalho.

f) Produtos Defeituosos:

Desperdício ocasionado por problemas recorrentes nas cartas de processos e/ou nas especificações de qualidade do produto. Produzir produtos defeituosos significa desperdiçar materiais, disponibilidade de mão de obra, disponibilidade de equipamentos, movimentação de materiais defeituosos, armazenagem de materiais defeituosos, inspeção de produtos, entre outros.

g) Estoque:

Estoques representam os recursos financeiros “aprisionados” no sistema produtivo, sem agregar valor ao produto final. Significam desperdícios de investimento e espaço, e podem ser eliminados. Contudo, por meio da redução dos tempos de *setup* de máquinas e *lead time* de produção, sincronização dos fluxos de trabalho e manutenção preventiva de máquinas, aumentando sua confiabilidade.

A eliminação de desperdícios que causam atraso e criam um ambiente de estresse é não só responsável por aumentar a produtividade dos processos, mas também impactar positivamente as pessoas neles envolvidas. Segundo Burton (2003), a eliminação desses desperdícios representa uma oportunidade de crescimento significativa para a empresa, pois incrementa a rentabilidade e cria valor acrescentado para os clientes, o que por sua vez conduz a vantagens competitivas. Os conceitos e ferramentas utilizadas na Filosofia *Lean* para a melhoria de processos e eliminação de desperdícios são descritas no tópico 2.2.

2.2 Ferramentas *Lean*

2.2.1 Introdução às ferramentas *Lean*

Womack e Jones estabeleceram os cinco princípios guias da Produção Enxuta, entretanto, estes sozinhos não são suficientes para a aplicação prática do *Lean*. Para isso existem ferramentas e técnicas que auxiliam e sistematizam a implementação do *Lean Manufacturing* nas empresas. Conceitos em níveis intermediários entre os princípios mais gerais e as ferramentas de aplicação tem sido frequentemente utilizados na busca da compreensão das inter-relações entre eles, tanto por autores que estudaram a Produção Enxuta de uma maneira geral, como por aqueles que discutem a sua aplicação prática (Koskela, 1992).

Godinho Filho e Fernandes (2004) apresentaram as ferramentas aplicáveis a alguns dos princípios mais importantes da manufatura enxuta no Quadro 1:

Quadro 1: Princípios do *Lean* e ferramentas aplicáveis.

Princípios	Ferramentas
Determinar valor para o cliente, identificando cadeia de valor e eliminando desperdícios.	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento do fluxo de valor; • Melhoria na relação cliente-fornecedor/redução do número de fornecedores; • Recebimento/fornecimento <i>just in time</i>.
Trabalho em fluxo/simplificar fluxo.	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologia de grupo; • Trabalho em fluxo contínuo (<i>one piece flow</i>)/redução do tamanho de lote; • Trabalhar de acordo com o <i>takt time</i>/produção sincronizada; • Manutenção produtiva total (TPM).
Produção puxada/ <i>just in time</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kanban</i>; • Redução do tempo de <i>set up</i>.
Busca da perfeição	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kaizen</i>; • Ferramentas de controle da qualidade; • Zero defeito; • Ferramentas <i>poka yoke</i>.

Fonte: adaptado de Godinho Filho e Fernandes (2004).

Essas ferramentas são instrumentos utilizados para implementação de um Sistema de Manufatura Enxuta, que ditam “como” seguir seus princípios. Algumas dessas ferramentas consideradas fundamentais serão apresentadas nos próximos tópicos.

Todos os conceitos e ferramentas apresentadas estão orientados para a redução de desperdícios nos processos produtivos, aumentando sua eficiência e reduzindo de maneira consequente os custos de produção (OHNO, 1997).

2.2.2 5S

O 5S é uma ferramenta amplamente utilizada na Produção Enxuta. Originado no Japão, no momento em que se buscavam ferramentas para ajudar a reconstruir o país no pós-guerra, o 5S chegou ao Brasil juntamente com os conceitos da Qualidade. Segundo Falconi (2004), essa ferramenta prega pela limpeza e organização, garantindo consequentemente melhores desempenhos de produtividade, segurança e qualidade.

O conceito do 5S tem um enfoque na educação, formação e reconhecimento das boas práticas efetuadas pelos operários, bem como organização dos procedimentos operacionais e do ambiente de trabalho. Desse modo, o 5S exige comprometimento integral do chão de fábrica até a alta gestão (LIKER, 2003).

De acordo com Peterson e Smith (1998), a ferramenta 5S possui como base cinco palavras japonesas, *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Traduzindo esses termos para o português, tem-se, respectivamente: Senso de Utilização, Senso de Organização, Senso de Limpeza, Senso de Padronização e Senso de Autodisciplina.

Esses cinco princípios são descritos a seguir, de acordo com a visão de Peterson e Smith (1998):

a) *Seiri* – Senso de Utilização:

Consiste em verificar todas as ferramentas de trabalho e materiais utilizados na produção, de modo a manter somente os itens essenciais para os processos realizados. Identificados os materiais não necessários para o processo, estes devem ser descartados. Esse princípio é um importante aliado no combate da tendência humana de guardar as coisas.

b) ***Seiton*** – Senso de Organização:

Nessa etapa deve-se fazer a organização do ambiente de trabalho, ou seja, analisar como e onde os objetos e ferramentas de trabalho são guardados, e definir critérios de organização específicos para cada tipo de material. É ideal criar um sistema de identificação visual dos materiais e fácil acesso a eles, de modo a garantir maior segurança e eficiência.

c) ***Seiso*** – Senso de Limpeza:

Eliminar todo o lixo e sujeira existentes no ambiente de trabalho. É muito importante criar uma rotina de limpeza, e garantir que esta seja garantida pelos próprios trabalhadores do posto de trabalho, e não só pelo pessoal especializado na limpeza. Isso permite uma maior satisfação dos trabalhadores, maior segurança e eliminação de desperdícios.

d) ***Seiketsu*** – Senso de Padronização:

Consiste em criar normas e padrões sistemáticos de convivência entre os funcionários, organização e limpeza do ambiente de trabalho. É muito importante a participação e o comprometimento dos trabalhadores nessa etapa, uma vez que, se os padrões estabelecidos não forem seguidos, o ambiente volta à mesma situação de antes do início da implantação do 5S.

e) ***Shitsuke*** – Senso de Autodisciplina:

Por fim, é necessário manter e melhorar todas as medidas tomadas nas etapas anteriores. Deve-se fazer inspeções periódicas para atualizar os padrões de convivência, limpeza e organização estabelecidos, difundir regularmente os conceitos e informações, cumprir as rotinas com paciência e persistência, incorporar os valores do Programa 5S na vida das pessoas e criar mecanismos de avaliação e motivação.

Assim, de uma maneira resumida, o programa 5S não é um instrumento que automaticamente assegura qualidade a organização, mas sim uma ferramenta associada à filosofia de qualidade que auxilia na criação de condições necessárias à implementação de projetos de melhoria contínua. Essa ferramenta é capaz de auxiliar na organização, mobilização e transformação de comportamento das pessoas com ela envolvidas (SILVA, 1996).

2.2.3 SMED

Outra ferramenta amplamente utilizada na produção enxuta é o **SMED** - *Single Minute Exchange of Dies*, ou Troca Rápida de Ferramenta. Esse conceito foi inicialmente introduzido por Shingeo Shingo em 1985, e representa um conjunto de técnicas que melhoram o processo de mudança de ferramenta, permitindo uma redução de até 90% do tempo de *setup*.

Shingo (2000) apresenta quatro estágios conceituais da aplicação da metodologia SMED, sendo:

a) **Estágio inicial:** *setup* interno e externo não se distingue:

O estágio inicial é marcado pelos tempos reais vigentes, ou seja, deve ser realizado o processo de medição dos tempos gastos em cada fase do *setup*. Para isso, podem ser utilizados cronômetros, filmagens e entrevistas com os operadores. Essas últimas são especialmente importantes na visão de Shingo, uma vez que os operadores estão cientes de todas as atividades envolvidas no *setup*.

b) **Estágio 1:** separando *setup* interno e externo:

Nesta fase se organizam as atividades, classificando e separando-as em atividades internas (realizadas com a máquina parada), e atividades externas (realizadas com a máquina em operação).

c) **Estágio 2:** convertendo *setups* internos em externos:

Nessa etapa, tenta-se converter o máximo de *setups* realizados com a máquina parada em *setups* realizados com a máquina trabalhando, o que permite um ganho significativo de tempo. É importante que nessa fase o operador encontre padronizações nas ferramentas para realizar o máximo de tarefas possíveis no *setup*. Sobre esse primeiro estágio, Shingo (2000) afirma: “Se for

feito um esforço científico para realizar o máximo possível da operação de *setup* como *setup* externo, então, o tempo necessário para o interno pode ser reduzido de 30 a 50%. Controlar a separação entre *setup* interno e externo é o passaporte para atingir o SMED”.

d) **Estágio 3:** melhoria permanente nas operações da máquina

O estágio final da aplicação do SMED é caracterizado pela melhoria sistemática de cada operação básica, tanto de *setups* internos quando de externos. Como nas fases anteriores muitos tempos de *setup* não conseguem ser reduzidos. É necessário que se repitam os estágios conceituais anteriores até que se alcancem os menores números possíveis.

Os estágios do SMED são resumidos na Figura 1.

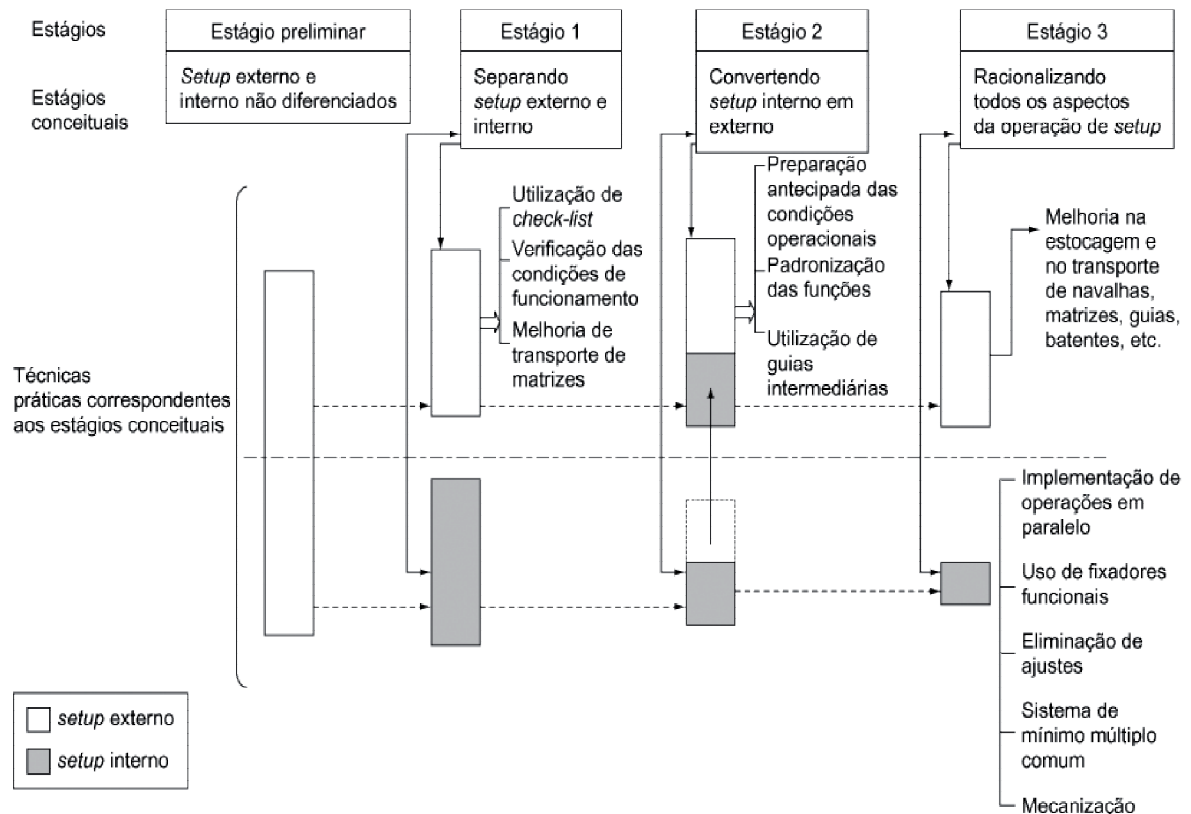


Figura 1: Estágios SMED.

Fonte: Shingo (2000).

A importância do SMED para se atingir uma produção cada vez mais enxuta é evidente, uma vez que a partir de tempos de troca de ferramenta mais curtos, reduz-se os tempos de uma atividade que não agrega valor ao produto final, tornando o processo mais produtivo.

2.2.4 *Kanban*

Quando se fala em *Lean Manufacturing*, é indispensável mencionar o sistema de coordenação de ordens de produção ***Kanban***, ferramenta desenvolvida na década de 60 pelos engenheiros da *Toyota*, com o objetivo de tornar simples e rápidas as atividades de programação, controle e acompanhamento de sistemas de produção em lotes. A palavra “*Kanban*”, traduzida do japonês como “sinal”, representa um sistema de sinalização entre processos, de maneira a controlá-los de uma maneira visual. Tem como objetivo controlar e balancear a produção, eliminar perdas, priorizar a produção, controlar o fluxo de material, permitir a reposição de estoques baseado na demanda e fornecer informações sobre o produto e o processo (MOURA, 1989).

Segundo Tubino (1999), o sistema *Kanban* funciona através de cartões informativos por meio da produção puxada, ou seja, o processo precedente fábrica a quantidade exata pedida pelo processo subsequente, o que impede que ocorra superprodução. De acordo com o autor, os cartões podem ser classificados em dois tipos: os cartões *kanban* de produção e os cartões *kanban* de movimentação. Os cartões *kanban* de produção funcionam como uma etiqueta de identificação e de instrução de tarefa, que especifica o tipo e a quantidade do produto que o processo seguinte terá que produzir. Já os cartões de movimentação funcionam como uma etiqueta de identificação e transferência, que autorizam a movimentação de lotes entre o cliente e o fornecedor de determinado item.

Severiano Filho (1999) destaca como benefícios do sistema *Kanban* a redução de desperdícios, simplificação de processos, redução do *lead time*, aumento da capacidade reativa da empresa, descentralização dos processos decisórios, redução de estoques, diminuição de lotes de produção, entre outros. Desse modo, é evidente que essa ferramenta é uma das maiores aliadas para se produzir de uma maneira enxuta. Segundo os dizeres do *Lean Manufacturing*, o envolvimento das pessoas é essencial para que a empresa se torne enxuta. Para isso, no entanto, é necessário que as informações na empresa estejam disponíveis a seus funcionários de maneira simples, disponível e acessível, de modo a mantê-los motivados e com iniciativa.

2.2.5 Gestão Visual

Nesse contexto, é indispensável a utilização de práticas de **Gestão Visual**, na qual a informação é disponibilizada por meio de elementos visuais, para atrelar a necessidade de se realizar determinada atividade com as informações necessárias para sua realização (GALSWORTH, 1997). O *Lean Institute* Brasil (2009) define Gestão Visual como “um sistema de planejamento, controle e melhoria contínua que integra ferramentas visuais simples que possibilitam que se entenda, através de uma rápida “olhada”, a situação atual e que apoia o trabalho padrão da liderança para garantir a aderência dos processos aos padrões e viabilizar as melhorias permanentes”. Com as informações disponibilizadas de maneira clara e facilmente acessível, promove-se o gerenciamento baseado na confiança e transparência, a partir de um nível de esforço relativamente baixo. De acordo com Koskela (1992), os dispositivos visuais são uma das formas mais conhecidas e simples de implantar a transparência em processos e operações empresariais.

Em quadros de gestão visual é comum encontrar gráficos de desempenho, matrizes de competências, trabalho normalizado, registros sobre higiene e segurança, entre outros (Hines et al, 2011). No entanto, muitas organizações utilizam ferramentas padronizadas de gerenciamento visual, como por exemplo, o *Business Model Canvas* e o A3. De acordo com Osterwalder e Pigneur (2010), o *Business Model Canvas* é uma ferramenta que permite desdobrar, avaliar, idealizar mudanças, inovar e criar modelos de negócio, a partir da análise de nove elementos: Oferta de Valor, Segmentos de Clientes, Relacionamento com Clientes, Canais, Fontes de Receita, Atividades Chave, Recursos Chave, Parcerias Chave e Estrutura de Custos. A Figura 2 representa um modelo da ferramenta. Já o método A3 foi desenvolvido pela *Toyota* como uma maneira de identificação e solução de problemas, que age nas causas raízes do problema de modo a evitar que este se torne recorrente. O nome A3 tem sua origem no tamanho da folha de papel utilizada para a ferramenta, ou seja, uma folha no formato A3 (SHOOK, 2009). Esse método, apesar de bastante dinâmico e flexível, parte basicamente das seguintes informações: histórico, ou motivação, condição atual, objetivos almejados, plano de ação e controle. O modelo de A3 utilizado por Dennis (2007) é retratado na Figura 3.

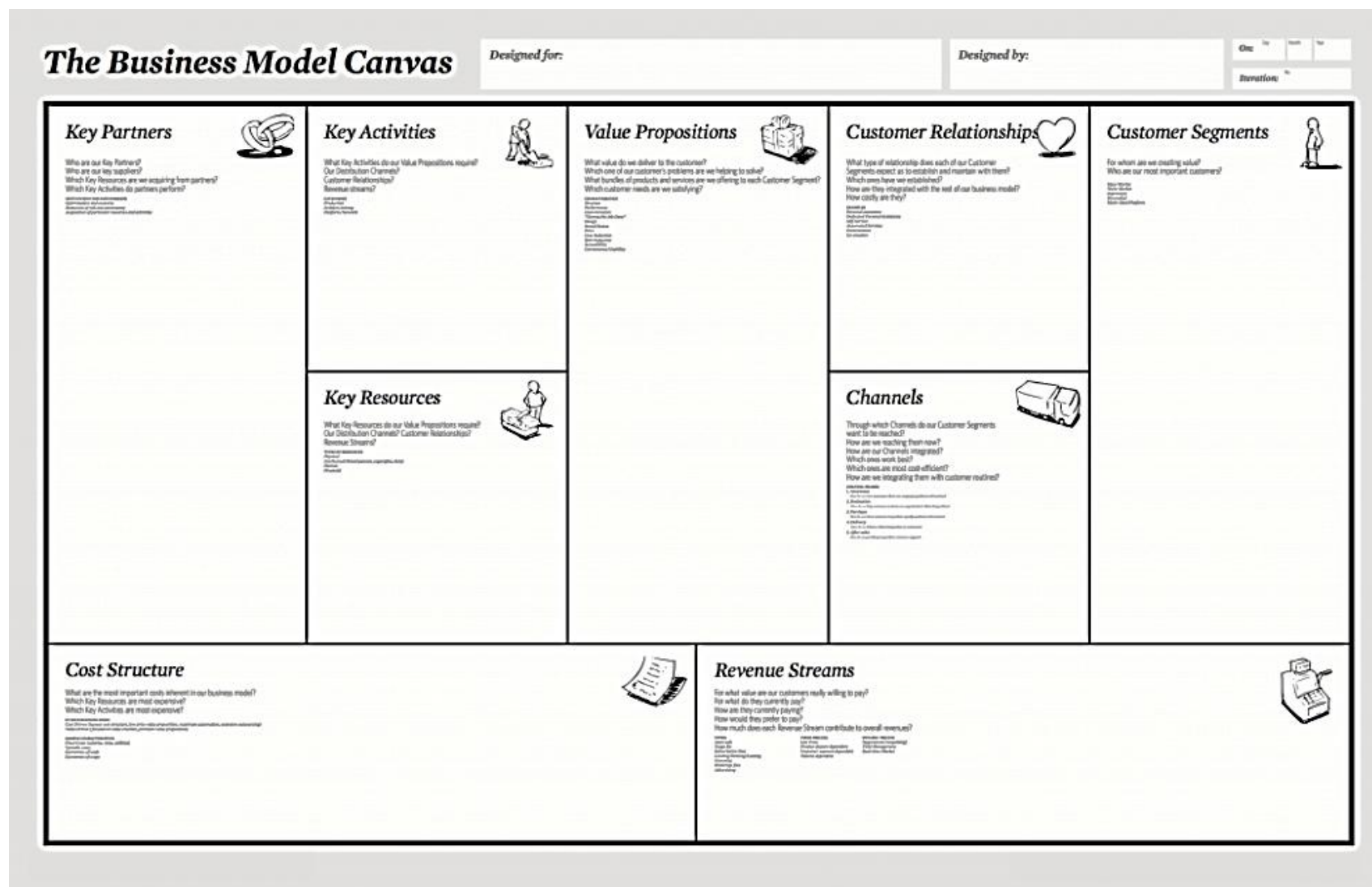


Figura 2: Modelo de *Canvas*.

Fonte: Osterwalder e Pigneur (2010).

Focus:	Strategy A3	Dept:
Performance, gaps, and targets	This year's action plan (milestone chart)	
Reflection on last year's activities and results		
Rationale for this year's activities		
	Followup / Unresolved issues	

Signatures:

© 2006 LEI

Author:
Version and date:

Figura 3: Modelo de A3

Fonte: Dennis (2007).

2.2.6 *Poka Yoke*

Uma ferramenta considerada chave para a estabilidade de processos em sistemas de Produção Enxuta é o ***Poka Yoke***. De acordo com Shingo (1996), os chamados *Poka Yokes* são dispositivos à prova de falhas, que previnem a ocorrência de erros em processos produtivos, garantindo qualidade e reduzindo a variabilidade.

O *Poka Yoke* é o método de se detectar defeitos, usado com a função de inspecionar determinada atividade. A inspeção é o objetivo, o *Poka-Yoke* é apenas o método utilizado para tanto.

Um dispositivo *Poka-Yoke* dentro da manufatura pode ter como função a paralisação de um processo a partir da detecção de uma falha, o controle de características previamente definidas do produto ou processo, e o alerta quando são encontradas anormalidades que podem resultar em falhas (CARLAGE e DAVANSO, 2004).

Shingo (1996) classifica os *Poka Yokes* em três categorias:

- a) *Poka Yoke* de Contato: anormalidades na forma ou na dimensão do produto são detectadas por meio de um dispositivo que mantém contato com o mesmo;
- b) *Poka Yoke* de Conjunto: determina o passo a passo de todas as operações a serem executadas em um determinado processo, garantindo que nenhuma das atividades listadas seja negligenciada;
- c) *Poka Yoke* de Etapas: garante que todas as etapas existentes na execução de determinado processo sejam realizadas de maneira correta e padronizada.

Ainda de acordo com Shingo (1996), erros são inevitáveis, mas os defeitos resultam em permitir que um erro chegue ao consumidor, e estes, por sua vez, são completamente evitáveis. Assim, a função principal de um dispositivo *Poka-Yoke* é garantir a prevenção de erros, e quando estes não puderem ser evitados, garantir que sejam detectados e corrigidos.

Cabe, no entanto, realizar um mapeamento dos processos envolvidos a fim de detectar os desperdícios inerentes e a seleção das ferramentas *Lean* a serem aplicadas para a eliminação das perdas e o aumento do valor agregado no produto, neste caso cabe o uso da técnica de planejamento do *Lean Manufacturing* Mapeamento do Fluxo de Valor descrita no tópico 2.1.4.

2.2.7 Mapeamento do Fluxo de Valor

De todas as ferramentas e técnicas apresentadas, o Mapeamento do Fluxo de Valor, ou VSM (*Value Stream Mapping*) tem sido uma das mais utilizadas no universo da Produção Enxuta, e é apresentada em um nível de detalhe maior do que as ferramentas anteriormente mencionadas por ser empregada em grande porção do estudo de caso do presente trabalho.

Introduzida por Rother e Shook (2003), a ferramenta de Mapeamento do Fluxo de Valor é capaz de oferecer uma visão global de todas as etapas pelas quais o produto passa dentro da empresa até chegar ao cliente.

Rother e Shook (2003) destacam no livro “Aprendendo a Enxergar” uma série de vantagens associadas à aplicação do VSM em processos de manufatura:

- Visualização simplificada de todo o fluxo do processo, não focando apenas em processos individuais;
- Facilidade em se identificar não somente os desperdícios, mas também as suas fontes;
- Utilização de uma linguagem padronizada para retratar os processos estudados;
- Utilização de técnicas de gestão visual, permitindo a transparência nas decisões tomadas sobre o fluxo;
- Consolidação de várias técnicas de produção enxuta diferentes;
- Formação da base do plano de implementação da produção enxuta;
- Integração entre o fluxo de informações e o fluxo de materiais em uma única ferramenta;
- Descrição detalhada de como a unidade produtiva deve operar para criar o fluxo, com informações qualitativas.

Além das vantagens acima citadas, o Mapeamento do Fluxo de Valor é conhecido por sua versatilidade, podendo se estender para cadeia de suprimentos, processos administrativos, desenvolvimento de produtos, entre outros. A flexibilidade da ferramenta permite também que ela seja adaptada para as necessidades e características de diferentes empresas.

As etapas básicas da técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor são demonstradas na Figura 4:

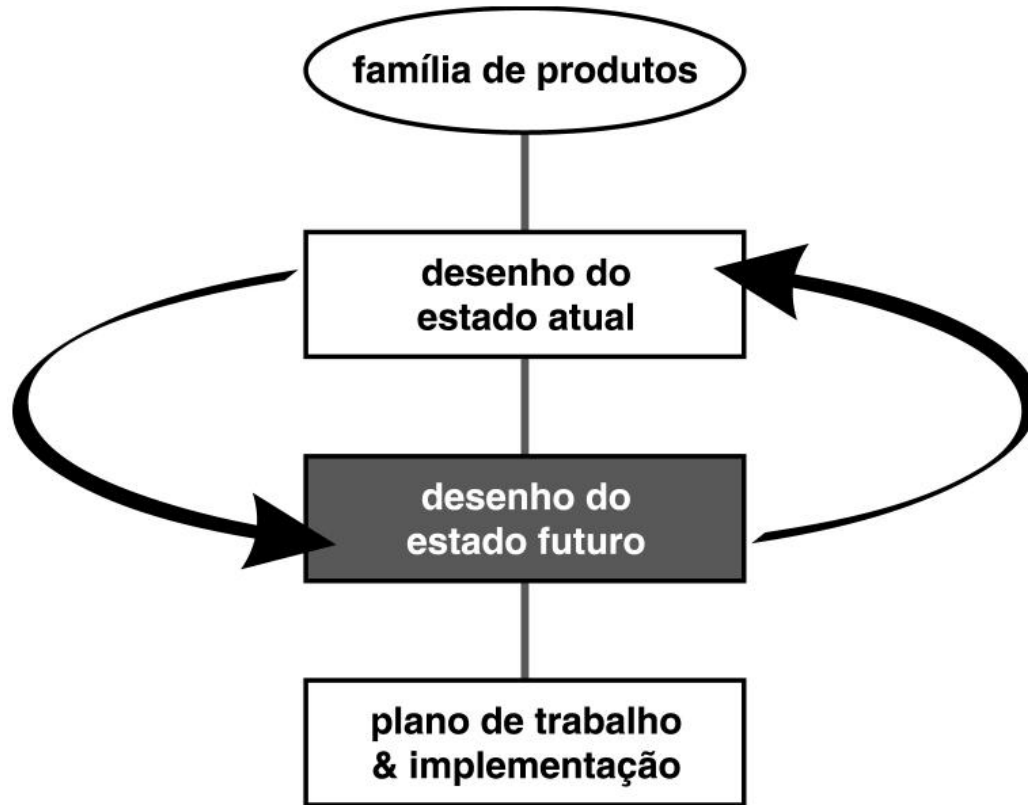


Figura 4: Etapas básicas do Mapeamento do Fluxo de Valor.

Fonte: Rother e Shook (2003).

De acordo com Rother; Shook (2003):

a) Seleção de uma família de produtos:

Utiliza-se essa etapa quando a empresa fábrica produtos diferentes. Família é um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos. Assim, quando a gama de produtos é variada, estes são classificados em famílias.

b) Mapeamento da situação atual:

Identificadas as famílias, representa-se o fluxo da cadeia de valor, incluindo o fluxo de material e de informações iniciando e finalizando no cliente da cadeia.

c) Mapeamento da situação futura:

Utilizando a mesma simbologia do estado atual, desenhar o estado futuro estabelecendo um fluxo contínuo, produção puxada e de maneira que seja produzido somente o que o cliente determina. Todos os desperdícios devem ser identificados nessa etapa.

d) Plano de melhorias:

Por fim, é necessário realizar um plano de ação com todas as melhorias a serem implementadas para que se possa atingir o estado futuro desenhado.

Para facilitar a construção do estado futuro, Rother e Shook (2003) propõe uma lista de oito perguntas a serem feitas:

1. Qual o *takt time*?

Takt time corresponde à razão entre o tempo total de trabalho disponível dividido e a demanda nesse período. Ajustando a produção ao *takt time*, sincroniza-se o ritmo de produção com o ritmo de vendas.

2. Onde se pode utilizar fluxo contínuo?

Em todos os processos que for possível, deve-se produzir uma peça de cada vez, sem nenhuma interrupção entre dois processos consecutivos.

3. A produção é direcionada para um supermercado ou diretamente para a expedição?

Caso se produza diretamente para um supermercado, é recomendado utilizar o sistema kanban para controlar a produção. Entretanto, quando a produção é voltada diretamente para a expedição deve-se trabalhar para que a entrega seja o mais confiável possível, com um *lead time* curto.

4. Onde será necessário usar o sistema puxado com supermercado?

Definir os pontos onde não é possível estabelecer um fluxo contínuo, e utilizar produção puxada nos processos.

5. Em qual ponto da cadeia a produção deve ser programada?

Deve-se definir o processo puxador, ou seja, o processo ao qual o pedido do cliente será enviado e que dita o ritmo de todos os outros processos. O ideal é que o processo puxador seja o último.

6. Como nivelar o *mix* de produção no processo puxador?

O ideal é distribuir de maneira uniforme a produção de diferentes produtos em um determinado período de tempo, o que diminui o lead time e estoques intermediários.

7. Qual incremento uniforme de trabalho será liberado para o processo puxador?

Nivelar o volume de produção a partir de uma pequena e consistente quantidade padrão de trabalho no processo puxador, e retirar a mesma quantidade de produtos acabados.

8. Quais melhorias de processo serão necessárias para atingir o estado futuro?

Depois de desenhado o estado futuro planejado, é definido um plano com ações de melhoria contínua para que se possa atingir a situação almejada para o processo.

Além de ser um método relativamente simples, o VSM se mostra muito útil para melhorar a eficiência de processos produtivos de maneira contínua em empresas dos mais diferentes segmentos. “O Mapeamento do Fluxo de Valor é a mais importante ferramenta para realizar os progressos sustentáveis na guerra contra as perdas” (WOMACK; JONES, 2004). Tanto o Mapeamento do Fluxo de Valor quanto as demais ferramentas apresentadas nesse trabalho são consideradas instrumentos chave para se criar uma sistemática de Melhoria Contínua nas empresas, conceito explorado no tópico 2.3.

2.3 Melhoria Contínua

2.3.1 *Kaizen*

A Melhoria Contínua, também conhecida como *Kaizen*, é um dos princípios básicos de qualidade que guia a implementação da mentalidade enxuta em qualquer empresa. Originada da língua japonesa, a palavra *kaizen* significa “mudança para melhor”, e essa filosofia é caracterizada por melhoramentos sucessivos e constantes nos processos produtivos (SLACK et al., 2002).

De acordo com Sharma (2003), “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”.

O processo de Melhoria Contínua permite a utilização de ideias inovadoras e criativas para a eliminação de desperdícios e criação de fluxos de produção adequados. Uma das grandes vantagens desse processo é a autonomia dada aos funcionários para sugerir melhorias e implementá-las, o que promove a valorização da capacidade criativa dos funcionários, bem como o consequente aprimoramento de processos e produtos (SHARMA, 2003).

A forma mais comum de se motivar a Melhoria Contínua é através de um Evento *Kaizen*, onde equipes são formadas por pessoas de vários níveis hierárquicos da organização se reúnem por um determinado período de tempo para buscar o maior número possível de melhorias em processos da empresa.

É importante que no Evento *Kaizen* sejam propostas pequenas melhorias, simples e rápidas, que representem vantagem competitiva sobre as grandes (REALI, 2006).

2.3.2 *Mock Up*

Mock Ups são modelos construídos em tamanho real usando simulacros de produtos e postos de trabalho, podendo ser construídos em papelão, madeira, metal leve ou tubos plásticos (GERSZEWSKI et al, 2009). Na empresa objeto de estudo, essa ferramenta é utilizada nos processos de melhoria contínua, e consiste na aplicação de conceitos de produção enxuta para a análise de desperdícios existentes em processos manufatureiros, bem como para a sugestão de melhorias de modo a proporcionar aumento de produtividade, ergonomia e qualidade. Essa técnica foi introduzida na empresa objeto de estudo através de uma empresa de consultoria reconhecida internacionalmente por seus trabalhos nessa área, e originou-se a partir de uma adaptação da ferramenta 3P.

Segundo Torres Junior (2007), o 3P (*Production Preparation Process*) é uma ferramenta que deve ser utilizada para remover obstáculos enraizados no chão de fábrica, que dificultam a implantação de programas de melhoria contínua. Essa técnica consiste em dirigir um time multidisciplinar, semelhante a um time montado para um Evento *Kaizen*, visando desenvolver processos através de sugestões de melhoria de todos os integrantes da equipe e simulação da implementação dessas melhorias, sempre com base nos princípios de Produção Enxuta.

Ainda de acordo com o autor, a sistemática de funcionamento do 3P é dividida em três etapas:

a) Formulação das alternativas:

Para cada etapa do processo analisado devem ser propostas no mínimo sete alternativas de processamento que melhorem o processo, de modo a garantir o Fluxo Contínuo, Produção Puxada e Autonomia.

b) Avaliação das alternativas:

O time avalia todas as alternativas propostas, de acordo com quesitos pré-estabelecidos, sendo que cada alternativa recebe uma nota em cada um dos quesitos. Depois de calculada a pontuação total de todas as propostas são escolhidas as três alternativas com a maior pontuação para passarem pela etapa de simulação.

c) Simulação das alternativas:

As propostas de melhoria escolhidas na etapa anterior são simuladas por meio de protótipos em tamanho real. Não é utilizada simulação virtual, uma vez que o intuito da ferramenta é aproximar ao máximo as propostas de melhoria ao mundo físico. Depois de simuladas todas as alternativas, é escolhida aquela que melhor atende os requisitos do processo analisado.

A metodologia 3P se aplica a todos os sistemas cujos projetos de melhoria contínua estejam limitados, ou que necessitem eliminar obstáculos à sua evolução, de modo a torná-los naturalmente enxutos, com a velocidade e os padrões que atendam a demanda (TORRES JUNIOR, 2007).

Segundo Maropoulos et al (2011)¹ *apud* Spricigo (2014) o termo *Mock Up* pode ser traduzido literalmente como maquete ou modelo, e tem sido utilizado em simulações de produtos e processos produtivos, geralmente de maneira virtual. Na empresa objeto de estudo, o termo *Mock Up* também é utilizado como para denominar o próprio evento de melhoria contínua onde são realizadas as simulações, baseado na metodologia 3P.

Na adaptação da ferramenta 3P realizada pela empresa objeto de estudo para a criação da sistemática dos *Mock Ups*, ao invés de três, são realizadas sete etapas. Conforme a documentação disponibilizada pela empresa, são descritas a seguir as etapas de um evento *Mock Up*:

a) Filmagem do estado atual e confecção do gráfico *spaghetti*:

É feita a filmagem de todo o processo a ser analisado, incluindo tanto as atividades que agregam valor, quanto as que não agregam. Todos os membros do time devem ficar no chão de fábrica nessa etapa para que o estado atual seja analisado por vários pontos de vista. Durante esse processo, um dos participantes do time *Mock Up* fica responsável por realizar o gráfico *spaghetti* do processo, onde é desenhado numa planta o deslocamento do trabalhador no posto de trabalho durante todo o processo.

¹ MAROPOULOS, P.G.; VICHARE, P.; MARTIN, O.; MUELANER, J.; SUMMERS, M.D.; KAYANI A. Early design verification of complex assembly variability using a Hybrid – Model Based and Physical Testing – Methodology, **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, V. 60, Issue 1, 2011.

b) Análise da filmagem e do gráfico *spaghetti* do estado atual e *brainstorm*:

Nessa etapa, todos os membros do time assistem às filmagens do processo e as avaliam com um olhar crítico. São realizados questionamentos para verificar se todas as etapas realizadas são realmente necessárias, e também são propostos dispositivos *Poka Yoke* e mudanças no modo de realização das atividades para facilitar o processo. Todas as microetapas do processo são documentadas em uma planilha, juntamente com os respectivos tempos de realização e propostas de melhoria. É nessa etapa também que se calcula a distância aproximada andada pelos operadores através da análise do diagrama *spaghetti*.

c) Elaboração das mudanças:

São elaboradas todas as mudanças levantadas na análise das filmagens. São confeccionados os protótipos de dispositivos que auxiliem no processo, como carrinhos contendo somente as ferramentas e materiais necessários ao trabalho, dispositivos que facilitem as medições e melhorem a ergonomia no posto e mudanças de *layout*. Todos os dispositivos são construídos a partir de materiais improvisados, como papelão e sucata. Nessa etapa, orienta-se os operadores a utilizar os protótipos construídos e a realizar as atividades do processo com a sequência e metodologia definidas no levantamento de melhorias.

d) Simulação:

Nessa etapa, o processo analisado é realizado com todas as melhorias propostas, incluindo alterações na maneira de se realizar as atividades necessárias ao processo e utilização dos protótipos construídos na etapa anterior. Assim como na primeira etapa, é realizada a filmagem de todo o processo e um novo diagrama *spaghetti* é desenhado.

e) Análise da filmagem e do gráfico *spaghetti* após melhorias e cálculo de ganhos:

De forma análoga ao que acontece na análise das filmagens do estado atual, é feita uma análise crítica do processo após as melhorias simuladas. As microetapas do processo juntamente com seus novos tempos de realização são documentadas em uma planilha. A nova distância total andada pelo operador no posto de trabalho também é calculada

através do gráfico *spaghetti*. Nessa etapa, faz-se uma comparação entre o processo sem e com melhorias, e são calculados os ganhos percentuais de produtividade em termos de tempo. É feita também uma análise qualitativa para analisar os ganhos em termos de qualidade do processo e segurança do trabalho.

f) Elaboração do plano de ação:

É elaborado um plano de ação para a implementação definitiva das melhorias levantadas, sendo que as ações podem ser de vários tipos, como treinamento dos operadores para a realização de atividades do processo de maneira diferente, compra de novos materiais e ferramentas a serem utilizados no processo e construção dos dispositivos definitivos a partir dos protótipos construídos com papelão e sucata. No plano de ação são definidos os responsáveis por cada ação a ser tomada e as datas limites para que a ação seja concluída.

g) Elaboração da folha de trabalho padrão:

É elaborado um documento com todas as atividades a serem realizadas pelos operadores de acordo com o processo melhorado. Nesse documento, é feita uma descrição minuciosa de como o processo deverá ser realizado e como cada dispositivo projetado deverá ser utilizado. Quando em dúvida de como realizar determinada atividade do processo, o operador deve verificar a folha de trabalho padrão para se certificar da maneira correta de realizá-la. É entregue uma cópia do documento para cada operador do posto, sendo que são impressas novas cópias, conforme a chegada de novos operadores.

Tanto o 3P quanto o *Mock Up* são ferramentas consideradas chave em processos de melhoria contínua. Torres Junior (2007) afirma que a utilização da ferramenta 3P é um convite para decolar com a filosofia enxuta para outras esferas do sistema produtivo, de maneira a integrar todos os seus elementos. De maneira análoga, o *Mock Up* também garante a disseminação de conceitos *Lean*, permitindo que colaboradores de diferentes áreas unam esforços para encontrar novas e melhores formas de se programar, executar e gerir processos na empresa.

3. ESTUDO DE CASO

Esse estudo de caso consiste na aplicação de conceitos e ferramentas *Lean* em um ambiente manufatureiro, dando ênfase à melhoria contínua dos processos estudados através da ferramenta *Mock Up* para análise e simulação de melhorias propostas.

O conceito do *Lean* tem sido bastante difundido nas práticas da empresa, uma vez que esta possui um setor especializado unicamente em prover conhecimento e informações sobre técnicas de produção enxuta, dando também suporte ao restante das áreas para continuamente promover melhorias.

O trabalho foi realizado em parceria com o gerente geral de fábrica e o supervisor da área de montagem de núcleo de reatores, bem como com o setor especializado na implementação do *Lean* na organização.

O objetivo principal foi aumentar a produtividade da área estudada com o auxílio dos colaboradores envolvidos, além de dar aos mesmos a informação e as condições necessárias para que eles próprios iniciem trabalhos de melhoria contínua de processos da área de montagem de núcleo, apenas com o suporte do setor especializado em *Lean*, de acordo com o ambiente da pesquisa descrito no tópico 3.1.

3.1 Ambiente da Pesquisa

3.1.1 Descrição da Empresa

A empresa é uma multinacional alemã que atua em diversos segmentos no Brasil e no mundo, sendo amplamente conhecida pela liderança em tecnologia e potencial de inovação. Presente há mais de 100 anos no Brasil, a empresa fabrica equipamentos responsáveis pela geração e transmissão de 50% da energia elétrica consumida no país.

Atuando também na área médica, a empresa fornece mais de 30% dos diagnósticos digitais por imagens feitos no país.

Atualmente, a empresa emprega no Brasil quase oito mil colaboradores, contando com 13 fábricas, 8 centros de Pesquisa & Desenvolvimento, além de 13 escritórios regionais. A fábrica que engloba os processos analisados nesse trabalho está localizada no interior do estado de São Paulo, é responsável pela fabricação de transformadores industriais e reatores.

3.1.2 Estrutura Organizacional Envolvida

Para auxiliar no entendimento do fluxo de documentos e da estrutura organizacional estudada, é importante conhecer a estrutura hierárquica dos grupos estudados.

A Figura 7 mostra o organograma simplificado da empresa, dando destaque às áreas envolvidas no trabalho: *Business Excellence* e Montagem de Núcleo.

O departamento de *Business Excellence* (BE) é responsável pela difusão e aplicação de conceitos e ferramentas *Lean* na empresa, de modo a garantir que todos os departamentos e colaboradores estejam alinhados com a filosofia enxuta adotada pela organização.

Além disso, essa área tem a função de fornecer suporte aos demais departamentos na implementação de ferramentas *Lean*, auxiliando na elaboração de mapeamentos de fluxo de valor, padronizando tempos dos processos e promovendo a adoção de melhorias.

Já a supervisão da Montagem de Núcleo responde ao gerente geral da fábrica, juntamente com três outras áreas, sendo que cada uma dessas áreas conta com um ou mais líderes de produção. O setor de Montagem de Núcleo é responsável pelo corte de chapas utilizadas no núcleo de reatores e transformadores, a montagem de pacotes circulares utilizados na parte ativa de reatores, e montagem do núcleo desses produtos.

É importante ressaltar que a *Business Excellence* está em constante contato com o gerente geral da fábrica e o supervisor de Montagem de Núcleo, de modo que exista um alinhamento entre as práticas e técnicas utilizadas.

Tanto o departamento de *Business Excellence* quanto o gerente geral da fábrica respondem diretamente para o CEO (*Chief Executive Officer*) e CFO (*Chief Financial Officer*) e quando necessários, os mesmos são acionados em casos críticos, tanto técnicos como comerciais e, principalmente, com problemas graves com clientes.

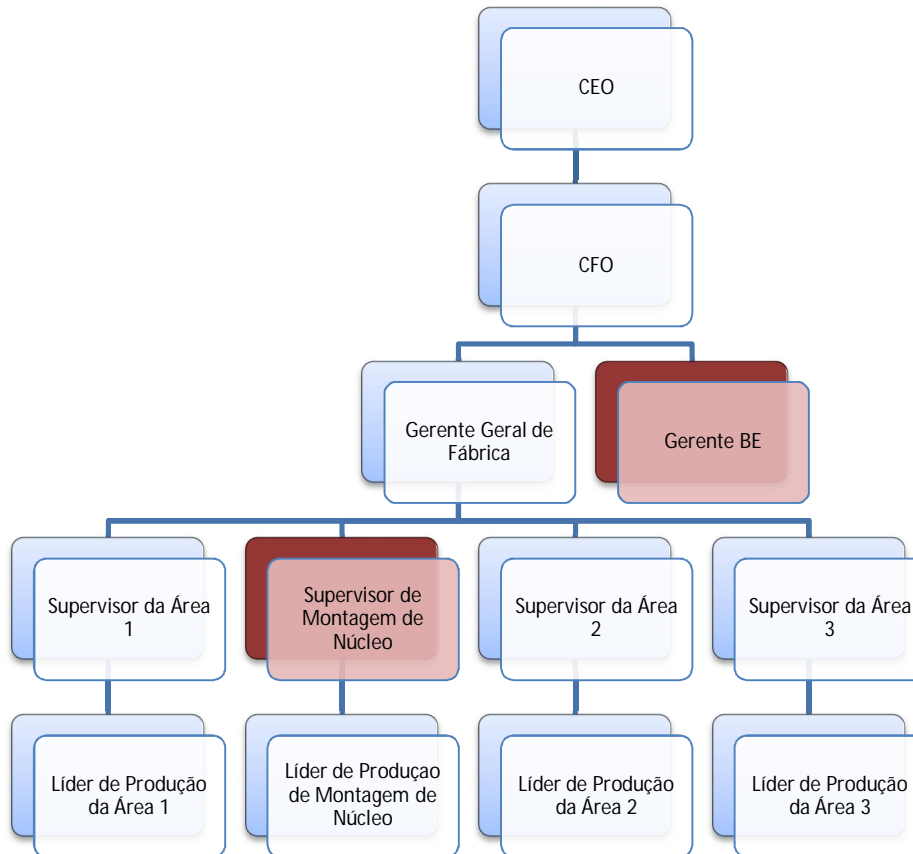


Figura 5: Estrutura organizacional da empresa.

3.2 Método de Pesquisa

Esse tópico é dedicado a descrever como o objeto de estudo será abordado pela autora, estudando e analisando melhorias de processos na área de montagem de núcleo de reatores. Serão definidas a metodologia e o tipo de pesquisa utilizada, a partir de sua natureza, forma de identificação do tema, desdobramento do problema diante do objetivo do estudo de caso, e maneira da obtenção e análise das informações.

3.2.1 Tipo de Pesquisa

Silva e Menezes (2005) definem pesquisa como sendo um conjunto de procedimentos e propostas realizados com o objetivo de encontrar a solução para um problema a partir de ações racionais e sistemáticas. A partir disso, é possível classificar uma pesquisa de acordo com sua natureza, forma de abordagem do problema, do ponto de vista de seus objetivos e procedimentos.

Dessa forma, a pesquisa realizada no presente trabalho é classificada da seguinte maneira:

1. **Natureza:** a presente pesquisa é do tipo Aplicada, pois ela visa aplicar todo o conhecimento gerado em situações práticas, de modo que se possa solucionar problemas específicos que envolvem verdades e interesses locais (SILVA e MENEZES, 2005);

2. **Forma de abordagem:** Pesquisa Qualitativa, pois é feita a partir de uma coleta direta de dados do ambiente natural, sem a necessidade de se utilizar análises estatísticas. A análise dos dados é feita de forma intuitiva, focando a abordagem no processo e seu significado (SILVA e MENEZES, 2005);

3. **Objetivo:** pesquisa do tipo Exploratória, pois são feitos levantamentos bibliográficos, entrevistas com pessoas que tiveram experiências com o tema e análises de exemplos de aplicação do tema, de modo que seja adquirida familiarização sobre o tema (GIL, 1991);

4. **Procedimentos:** Levantamento Bibliográfico e Estudo de Caso, já que além de levantados estudos já realizados sobre o tema em livros e artigos, é feita uma análise profunda e detalhada sobre o assunto, de modo que se permita um conhecimento amplo sobre o tema (GIL, 1991).

3.2.2 Etapas da Pesquisa

Para uma melhor organização da pesquisa, bem como maior aproveitamento do tempo, a autora dividiu a pesquisa em cinco etapas descritas a seguir:

- a) **Estudo dos fundamentos teóricos:** todo o embasamento teórico para a melhor familiarização com os conceitos e ferramentas de produção e escritório enxutos;
- b) **Coleta de dados:** etapa realizada para se levantar todas as informações e dados necessários para a realização da pesquisa;
- c) **Análise dos dados:** validação de todos os dados coletados, a partir de uma análise detalhada e minuciosa;
- d) **Elaboração de um plano de ação:** analisados os dados, serão identificadas todas as potenciais melhorias nos processos analisados, e será elaborado um plano de ação para guiar a implementação das melhorias levantadas;
- e) **Documentação e apresentação dos resultados:** nessa etapa os resultados oriundos da pesquisa serão documentados e será montada uma apresentação das vantagens obtidas a partir da pesquisa para toda a equipe envolvida na análise, bem como para o gerente geral da fábrica, que aprovará a implementação das mudanças propostas.

3.3 Formação da Equipe e Treinamento

A equipe foi definida pelo time de *Business Excellence* em conjunto com o gerente geral da fábrica e com o supervisor da área de Montagem de Núcleo, e composta por seis integrantes dedicados integralmente ao evento. Foi determinada a participação de dois integrantes do time de *Business Excellence*, um planejador da fábrica, um membro da equipe de Engenharia Industrial, o líder de produção da área de Montagem de Núcleo e um montador de núcleo.

O evento *Mock Up* teve duração total de oito dias úteis, seguindo todas as etapas da ferramenta conforme o seguinte cronograma:

Quadro 2: Cronograma do Evento *Mock Up*.

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8
07:30	Treinamento	Filmagem do Estado Atual	Análise de Videos	Preparação para a Simulação	Filmagem da Simulação	Filmagem da Simulação	Análise de Videos	Elaboração da Apresentação
08:30	Filmagem do Estado Atual							
09:30								
10:30								
11:30	Almoço							
12:30	Filmagem do Estado Atual	Filmagem do Estado Atual	Análise de Videos	Preparação para a Simulação	Filmagem da Simulação	Filmagem da Simulação	Análise de Videos	Apresentação
13:30								Plado de
14:30								Ações
15:30								

Na abertura do evento, o time de *Business Excellence* realizou um treinamento sobre os principais conceitos *Lean* e sobre o evento *Mock Up* e suas etapas, para alinhar o conceito teórico com as atividades que seriam realizadas nos próximos dias. Assistiram ao treinamento todos os participantes do evento *Mock Up*, o supervisor da área de Montagem de Núcleo e todos os montadores de núcleo da fábrica.

Dado o treinamento, a equipe envolvida iniciou os trabalhos no posto de montagem de núcleo de reatores da fábrica.

3.4 Dados e Análise

3.4.1 Objeto de Estudo

O objeto de estudo foi definido alinhando a necessidade de se diminuir o tempo de ciclo na área de montagem de núcleo de reatores na empresa objeto de estudo ao interesse do time de *Business Excellence* em realizar ações de melhoria contínua no chão de fábrica.

Conforme informado anteriormente, a empresa objeto de estudo é responsável pela fabricação de transformadores industriais e reatores, sendo que a produção do primeiro tipo sempre foi bem mais representativa quando comparada com o segundo. Neste ano, no entanto, houve um aumento não previsto na demanda de reatores, o que obrigou a empresa a mobilizar seus esforços para melhorar o processo produtivo desses itens.

A área de Montagem de Núcleo foi escolhida como objeto de estudo por ser o gargalo do processo produtivo de reatores, além de demandar uma padronização das atividades e melhor organização do posto de trabalho. Desse modo, foi estudada toda a sequência de trabalho no posto selecionado, buscando eliminar desperdícios e agregar o máximo de valor possível para o cliente.

3.4.2 Filmagem e Análise do Estado Atual

Para a análise do estado atual da montagem de núcleo de reatores foi feita a filmagem do processo pela equipe *Mock Up*, e em paralelo com a filmagem foram feitos diagramas *spaghetti* para analisar a movimentação dos montadores nas etapas do processo. Durante esse processo a equipe dividiu suas atividades da seguinte maneira: um dos integrantes do time de *Business Excellence* filmou o processo, o líder de produção desenhou o diagrama de *spaghetti*, o montador trabalhou no processo analisado com um segundo operador (este último não fez parte da equipe *Mock Up*) e os três demais membros da equipe foram observadores.

O processo de montagem de núcleo pode ser dividido em seis etapas cuja divulgação dos nomes não foi autorizada pela empresa objeto de estudo e que, portanto, serão chamadas de etapa 1, etapa 2, etapa 3, etapa 4, etapa 5 e etapa 6. Toda a montagem é realizada em duas pessoas, que alternam entre trabalhar na mesma atividade e realizar atividades diferentes em paralelo no processo.

Finalizada a filmagem, a equipe se reuniu para assistir as etapas do processo de montagem de núcleo e levantar possíveis melhorias. Vale ressaltar aqui a importância da presença do líder de produção e do montador de núcleo nessa etapa do evento *Mock Up*, uma vez que estes, por estarem diariamente envolvidos no processo produtivo, têm pleno conhecimento de suas necessidades, limitações e oportunidades. Igualmente importante é a participação de membros de *Business Excellence*, Engenharia Industrial e Planejamento na análise dos vídeos, pois além de darem sugestões de melhorias em atividades que possuem interface com seus departamentos, estes conseguem analisar o processo do ponto de vista externo, sendo capazes de enxergar

desperdícios e melhorias que não são facilmente vistas por quem executa o processo frequentemente.

Durante a análise dos vídeos, todas as etapas executadas na montagem de núcleo e suas respectivas durações foram descritas na folha de análise, que pode ser visualizada no apêndice A. O tempo total de cada etapa do processo pode ser visto na Tabela 1:

Tabela 1: Durações das etapas do processo no estado atual.

Etapa	Duração do Estado Atual (minutos)
Etapa 1	86,5
Etapa 2	114
Etapa 3	63
Etapa 4	468
Etapa 5	208
Etapa 6	83
Total (minutos)	1022,5
Total (horas)	17,04

Além dos vídeos, foram analisados os diagramas *spaghetti* desenhados durante o acompanhamento do estado atual do processo. Por conta de as etapas 2 e 6 envolverem um deslocamento de matéria prima e produto final respectivamente, não foram desenhados diagramas *spaghetti* para elas, já que as mesmas demandam um deslocamento constante e sem padrão dos montadores. Situação semelhante aconteceu com as etapas 3 e 4, que não tiveram seus diagramas *spaghetti* desenhados por serem atividades em que os montadores não precisam se deslocar.

Desse modo foram desenhados os diagramas *spaghetti* apenas das etapas 1 e 5, que podem ser vistos no apêndice B. O cálculo das distâncias aproximadas percorridas por etapa é descrito na Tabela 2:

Tabela 2: Distâncias percorridas por etapa.

Etapa	Distância Total Percorrida no Estado Atual (m)
Etapa 1	1392
Etapa 5	1797

A identificação de desperdícios e proposta de melhorias nas atividades analisadas é feita na juntamente com a análise dos vídeos forma de *brainstorm* por toda a equipe, conforme descrito no tópico seguinte.

3.4.3 Proposta de Melhorias

Durante a análise dos vídeos gravados no processo de montagem de núcleo, as possíveis melhorias são descritas na própria folha de análise (apêndice A). No campo “Melhoria Imediata” são descritas as ideias possíveis de ser simuladas, com implementação imediata ou usando dispositivos improvisados possíveis de serem elaborados em curto prazo. Já no campo “Melhoria em Longo Prazo” são escritas melhorias que o time não consegue implementar em um curto período de tempo, ou que dependem de um maior investimento.

Cada uma das melhorias foi relacionada a um ou mais desperdícios eliminados com sua implementação, escrevendo-se o número do desperdício (1 - superprodução, 2 – espera, 3 – transporte desnecessário, 4 – processo inadequado, 5 – movimentação desnecessária, 6 – produtos defeituosos, 7 – estoque) na sequência da melhoria proposta, nos próprios campos “Melhoria Imediata” e “Melhoria em Longo Prazo”.

Por se tratar de um *brainstorm*, as ideias geradas durante a análise não são limitadas por investimento, exigências de segurança ou dificuldades na construção e implementação (no caso de dispositivos de auxílio no processo). Desse modo, terminada a sessão de geração de ideias, todos os departamentos que precisavam ser envolvidos para que as melhorias pudessem ser validadas foram contatados pela equipe *Mock Up*, que se dividiu em duplas para essa tarefa. Representantes dos principais departamentos envolvidos nas melhorias sugeridas – Engenharia de Projeto, Almoxarifado, Engenharia Industrial, Segurança e Manutenção – foram informados sobre as ideias e indagados sobre as dificuldades para que as melhorias pudessem ser implementadas. Vale a pena ressaltar a importância dessa etapa para o evento de melhorias, uma vez que a validação das ideias por parte dos demais envolvidos faz com que estas entrem no plano de ação elaborado na sequência do evento. Caso as ideias sejam vetadas pelos outros

departamentos, elas são canceladas e não são utilizadas na simulação do estado futuro do processo analisado.

Assim, depois de levantadas as melhorias, relacionados os desperdícios associados e contatados os possíveis envolvidos em sua implementação, as ideias viáveis foram categorizadas por etapa do processo e listadas no Quadro 3. As ideias em fundo vermelho foram vetadas pelos departamentos envolvidos.

Quadro 3: Melhorias levantadas na análise.

Etapa do Processo	Melhoria Imediata	Desperdícios Associados	Melhoria em Longo Prazo	Desperdícios Associados
Etapa 1	Linha de centro no chão do posto para facilitar o ajuste e a movimentação com a ponte rolante.	4 e 5	Controle sem fio para a ponte rolante.	4 e 5
	Entrega das vigas em pallets separados e na posição certa de montagem.	3, 4 e 6	Placas de pressão com o mesmo comprimento.	2 e 4
	Painel com todos os desenhos necessários à montagem.	2, 5 e 6	Providenciar trilhos para os dispositivos de encosto de chapa e viga.	5
	Carrinho com painel de sombras e todas as ferramentas necessárias ao processo.	2 e 5		
	Documentos a serem preenchidos durante o processo no carrinho de ferramentas.	2 e 5		
	Entrega das isolações em pallets separados e na posição certa de montagem.	3, 4 e 6		
Etapa 2	Carreta para transporte de material com estrado fixo.	5	Compra de uma carreta extra para que não seja necessário compartilhar com as outras áreas.	2
Etapa 3	Transporte único dos dois dispositivos de encosto de chapa.	5		
	Dispositivo preso na longarina para facilitar o ajuste de vigas e chapas.	4 e 5		
Etapa 4	Inversão do operador responsável por “bater” as chapas.	2	Elaborar degrau de fácil ajuste para acesso à mesa.	5
			Dispositivo de ímã para melhorar planicidade do núcleo.	6

Etapa 5	Eliminação da necessidade de se limpar tirantes e arruelas.	4	Compra de um segundo kit de prensagem.	4, 5 e 6
	Organização do armário de cintas.	2 e 5	Mudança do fornecedor de rolos de chapas.	6
	Local para o descarte das cintas de embalagem próxima ao posto.	2 e 5		
	Carrinho com materiais utilizados para etapa 5.	4 e 5		
	Preparação de um tirante por vez (<i>one piece flow</i>).	4 e 5		
	Empréstimo do kit de prensagem de outra área para a realização da prensagem simétrica.	4, 5 e 6		
	Proteção para que o macaco de prensagem não suje a viga.	4		
Etapa 6			Pino de engate no balancim.	2 e 5
			Dispositivo de encaixe ao invés de parafusos no suporte de verticalização.	2 e 4

Legenda: 1 - superprodução, 2 – espera, 3 – transporte desnecessário, 4 – processo inadequado, 5 – movimentação desnecessária, 6 – produtos defeituosos, 7 – estoque.

Feito isso, a equipe deu início à preparação para a simulação das melhorias propostas, como descrito no próximo tópico.

3.4.4 Preparação para a Simulação e Nova Filmagem

Como mencionado anteriormente, no campo “Melhoria Imediata” da folha de análise foram listadas as ideias de pronta implementação ou de fácil simulação. Dessa forma, a equipe *Mock Up* dedicou um dia inteiro de trabalho na elaboração e construção de dispositivos para facilitação de atividades, organização de ferramentas e do posto de trabalho e preparação de materiais utilizados no processo de montagem de núcleo.

O time foi novamente dividido em duplas, e os protótipos a serem construídos e materiais a serem preparados para a nova filmagem foram divididos igualmente entre as duplas. Para a construção de protótipos, como carrinhos de ferramentas e dispositivos *Poka Yoke*, a equipe

utilizou materiais sucateados pela própria fábrica, como caixas de papelão, chapas de alumínio e madeira. Além disso, foi necessário entrar em contato com colaboradores de outros departamentos da fábrica para que estes pudessem auxiliar na construção de dispositivos (no caso de dispositivos de madeira) e emprestar ferramentas utilizadas em suas áreas. Todas as melhorias envolvendo mudança na ordem e condição de chegada de matérias primas foram preparadas antes da simulação pela própria equipe *Mock Up*, de modo que no início da nova filmagem esses materiais se encontravam posicionados e organizados da maneira proposta pelo time.

Alguns exemplos de melhorias preparadas para a simulação podem ser vistos nas figuras abaixo:

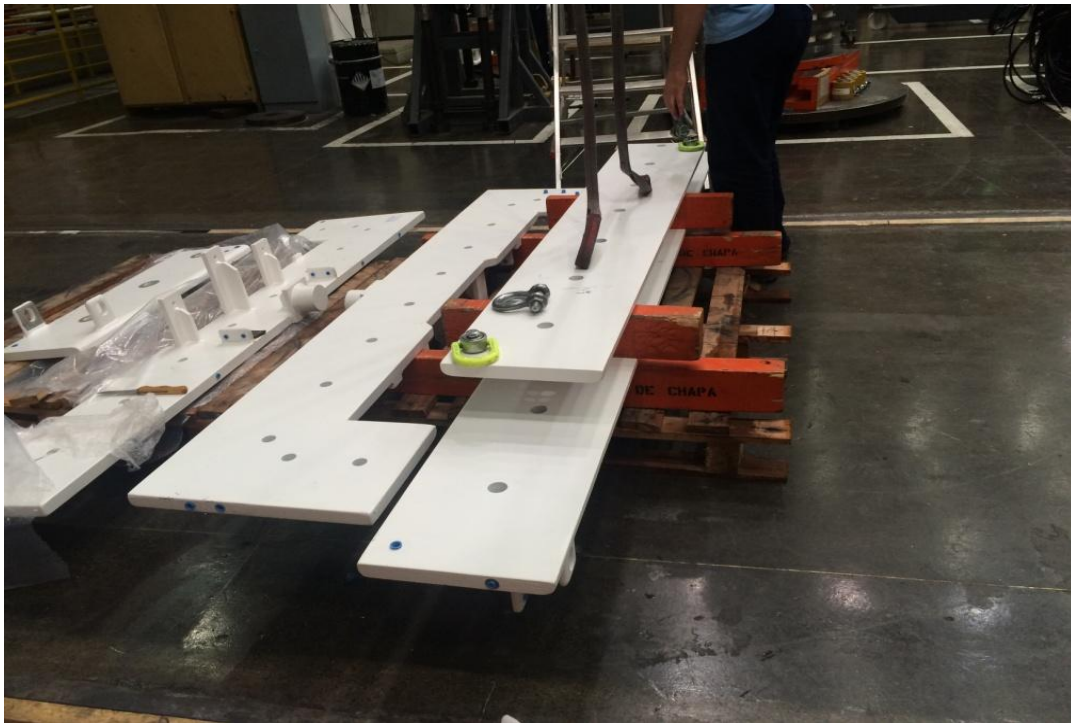


Figura 6: Materiais organizados na ordem certa de montagem.

Fonte: Empresa objeto de estudo (2015).



Figura 7: Estrado de madeira para posicionar material na carreta.

Fonte: Empresa objeto de estudo (2015).



Figura 8: Dispositivo *Poka Yoke* para facilitar processo.

Fonte: Empresa objeto de estudo (2015).

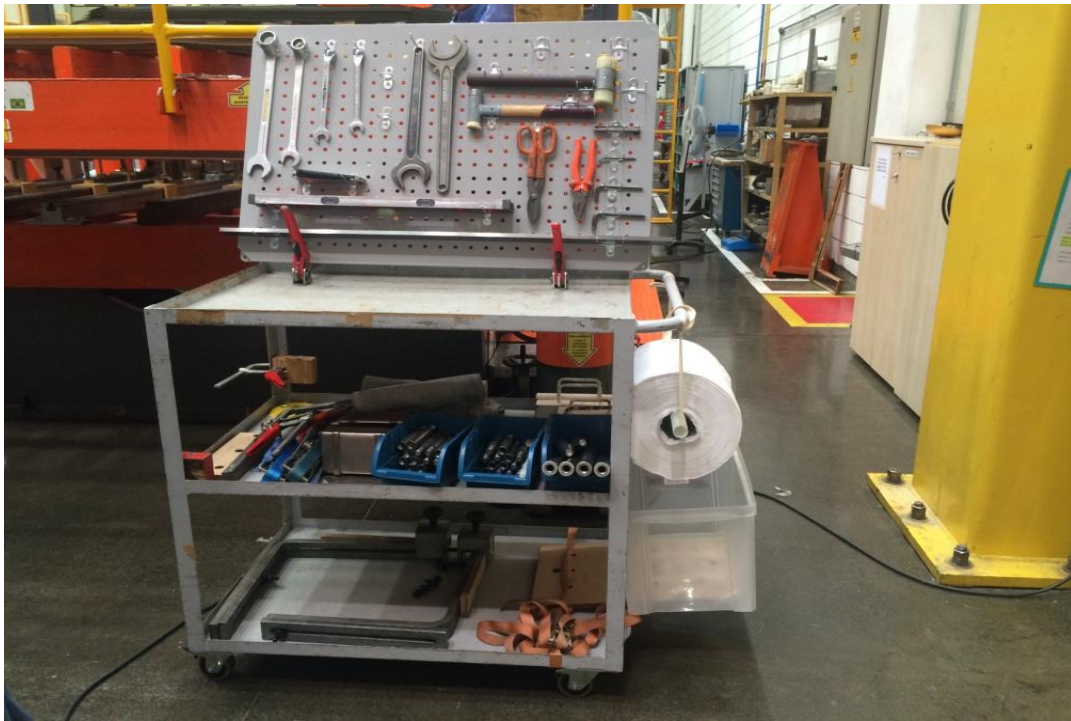


Figura 9: Carrinho de ferramentas improvisado para a simulação.

Fonte: Empresa objeto de estudo (2015).

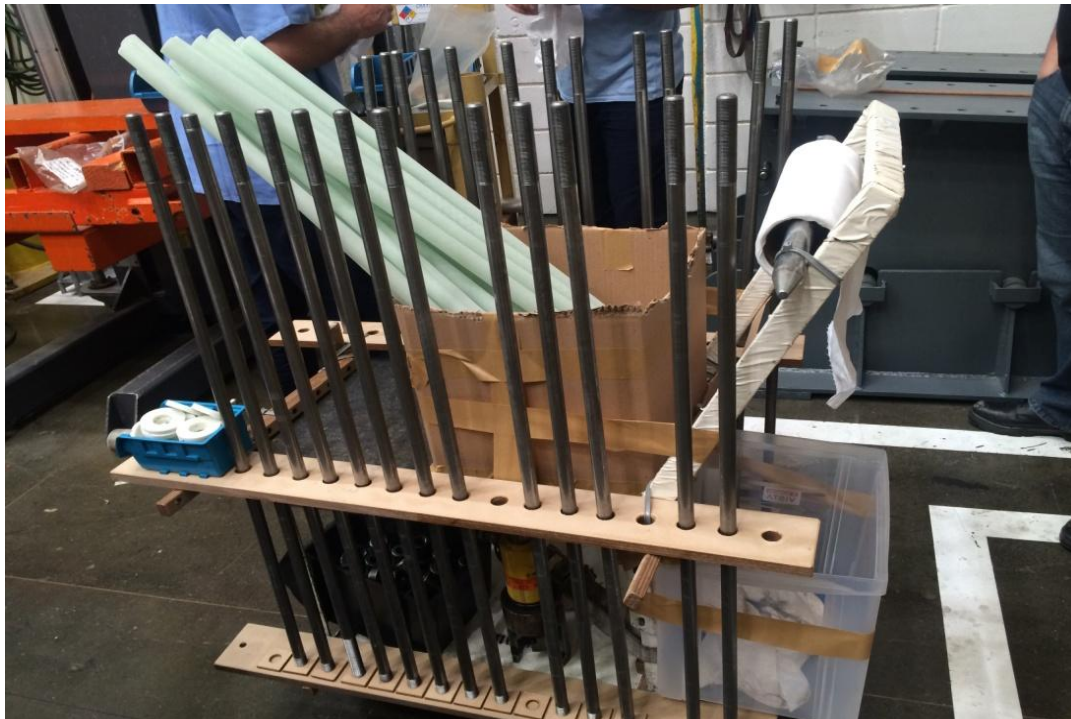


Figura 10: Carrinho improvisado para a etapa 5.

Fonte: Empresa objeto de estudo (2015).

Preparadas as melhorias para a simulação do processo, foi dada uma orientação de trabalho para os montadores de núcleo que participariam da nova filmagem, de modo que estes ficassem a par de como os dispositivos construídos deveriam ser utilizados, bem como de mudanças nos procedimentos e sequência de trabalho.

Feito isso, foi feita a nova filmagem do processo (simulando as melhorias) e de maneira análoga ao que aconteceu no estado atual, foram desenhados novos diagramas *spaghetti* para as etapas do processo analisadas sob o ponto de vista de deslocamento (etapas 1 e 5). Durante a simulação das melhorias a equipe dividiu suas atividades da mesma maneira como foi feito na primeira filmagem: um dos integrantes do time de *Business Excellence* filmou o processo, o líder de produção desenhou o diagrama de *spaghetti*, o montador trabalhou no processo analisado com um segundo operador (este último não fez parte da equipe *Mock Up*) e os três demais membros da equipe foram observadores.

É importante salientar que a nova filmagem do processo foi feita apenas nas etapas nas quais foram identificadas oportunidades de melhoria, ou seja, etapas 1, 2, 3, 4 e 5. Deste modo, a etapa 6 não foi inclusa na nova filmagem, de maneira a evitar que a equipe *Mock Up* desperdiçasse tempo medindo uma etapa do processo que não poderia ser melhorada.

3.5 Resultados

3.5.1 Ganhos

Terminada a filmagem das etapas do processo nas quais foram simuladas melhorias, o time se reuniu mais uma vez para assistir os vídeos do processo melhorado e contabilizar os ganhos em termos de tempo e deslocamento.

Dessa forma, os ganhos em termos de tempo podem ser vistos na Tabela 3:

Tabela 3: Ganhos em termos de tempo com as melhorias no processo.

Etapa	Duração do Estado Atual (minutos)	Duração da Simulação (minutos)	Redução (minutos)
Etapa 1	86,5	53,5	33
Etapa 2	114	70,5	43,5
Etapa 3	63	58	5
Etapa 4	468	413	55
Etapa 5	208	183	25
Etapa 6	83	83*	-
Total (minutos)	1022,5	861	161,5
Total (horas)	17,04	14,35	2,69

* Apesar de a etapa 6 não ter sido simulada, sua duração foi contabilizada na soma total para uma fiel comparação com a duração total do processo no estado atual.

Já os ganhos em termos de redução de deslocamento dos operadores, contabilizados por meio da análise dos diagramas *spaghetti* feitos durante a simulação de melhorias para as etapas 1 e 5, estão representados na Tabela 4. Assim como os diagramas *spaghetti* desenhados durante a filmagem do estado atual, os diagramas da simulação podem ser vistos no apêndice B.

Tabela 4: Ganhos em termos de distância percorrida com as melhorias no processo.

Etapa	Distância Total Percorrida no Estado Atual (m)	Distância Total Percorrida na Simulação (m)	Redução (m)
Etapa 1	1392	712	680
Etapa 5	1797	767	1030

Considerando todo o processo de montagem de núcleo de ratores na empresa objeto de estudo, o *lead time* dessa atividade sofreu uma redução de **15,78%**, número que supera o valor de 10% de redução estipulado pela alta gerência para o atendimento da demanda desses produtos. Ademais, a redução da distância total percorrida pelos montadores no processo, além de contribuir para a redução do *lead time*, permitiu uma melhora nas condições ergonômicas do trabalho, uma vez que o esforço físico realizado pelos mesmos diminuiu consideravelmente.

Como previsto no cronograma, o encerramento do evento deu-se por meio de uma apresentação, que contou com a presença do gerente geral da fábrica, do supervisor da área de montagem de núcleo e de todos os integrantes da equipe *Mock Up*. Após a apresentação dos resultados, o gerente geral da fábrica e o supervisor da área de montagem de núcleo elogiaram os resultados do evento e aprovaram o investimento monetário necessário para a implementação das melhorias. Ambos ainda se comprometeram a garantir que todas as melhorias sejam implementadas dentro de seus respectivos prazos, definidos em uma reunião posterior à apresentação, como relatado no tópico a seguir.

3.5.2 Plano de Ações

Na sequência da apresentação dos resultados do evento, a equipe *Mock Up* deixou agendada uma reunião para a definição dos responsáveis pelas ações de implementação definitiva das melhorias, bem como seus respectivos prazos. O plano de ações utilizado nessa reunião foi gerado a partir das ideias contidas nos campos “Melhoria Imediata” e “Melhoria em Longo Prazo” da folha de análise utilizada durante o estudo dos vídeos do estado atual do processo. Os departamentos responsáveis pela implementação das ações foram definidos pela própria equipe *Mock Up* no momento da validação da possibilidade de implementação das melhorias, como foi descrito no tópico 3.4.3.

O plano de ações pode ser visto de forma detalhada no Quadro 4:

Quadro 4: Plano de ações e departamentos responsáveis.

Ação	Departamento Responsável	Data Limite
Linha de centro no chão do posto para facilitar o ajuste e a movimentação com a ponte rolante.	Montagem de Núcleo	10/07/2015
Entrega das vigas em <i>pallets</i> separados e na posição certa de montagem.	Qualidade	30/07/2015
Painel com todos os desenhos necessários à montagem.	Montagem de Núcleo	10/07/2015

Carrinho com painel de sombras e todas as ferramentas necessárias ao processo.	Engenharia Industrial	30/07/2015
Documentos a serem preenchidos durante o processo no carrinho de ferramentas.	Montagem de Núcleo	30/07/2015
Entrega das isolações em <i>pallets</i> separados e na posição certa de montagem.	Engenharia de Projeto	23/07/2015
Carreta para transporte de material com estrado fixo.	Engenharia Industrial	10/07/2015
Dispositivo preso na longarina para facilitar o ajuste de vigas e chapas.	Engenharia Industrial	14/08/2015
Inversão do operador responsável por “bater” as chapas.	<i>Business Excellence</i>	21/08/2015
Organização do armário de cintas.	Montagem de Núcleo	10/07/2015
Local para o descarte das cintas de embalagem próxima ao posto.	Montagem de Núcleo	10/07/2015
Carrinho com materiais utilizados para etapa 5.	Engenharia Industrial	30/07/2015
Preparação de um tirante por vez (<i>one piece flow</i>).	<i>Business Excellence</i>	21/08/2015
Proteção para que o macaco de prensagem não suje a viga.	Engenharia Industrial	23/07/2015
Controle sem fio para a ponte rolante	Engenharia Industrial	14/08/2015
Compra de uma carreta extra para que não seja necessário compartilhar com as outras áreas.	Engenharia Industrial	14/08/2015
Elaborar degrau de fácil ajuste para acesso à mesa.	Engenharia Industrial	30/07/2015

Foram convocados para a reunião do plano de ações responsáveis de todos os departamentos envolvidos nas ações de melhoria, a equipe *Mock Up*, o gerente geral da fábrica e o supervisor de montagem de núcleo de reatores. Definidos as datas limites para a conclusão das ações e a pessoa responsável por cada ação, o plano de ação foi transcrito para o quadro de pendências do posto de montagem de núcleo. O *follow-up* dessas ações passou então a ser feito semanalmente, durante a reunião de acompanhamento de metas e ocorrências do posto.

3.5.3 Implementação

Durante todo o período definido para a implementação das melhorias a equipe *Mock Up* ficou responsável por dar o suporte necessário aos responsáveis pelas ações, respondendo eventuais dúvidas, validando a construção de dispositivos e renegociando datas limite para a conclusão de ações quando necessário.

Dessa forma, à medida que as ações resultantes do evento *Mock Up* foram sendo concluídas, as mesmas foram retiradas do quadro de pendências do posto de montagem de núcleo. Todas as ações foram concluídas dentro do prazo determinado, o que contribuiu para que a eficiência do processo de montagem de núcleo de reatores fosse aumentada no tempo previsto.

Alguns exemplos de dispositivos definitivos resultantes do plano de ação podem ser vistos nas figuras abaixo:



Figura 11: Degrau de fácil ajuste para facilitar processo.

Fonte: Empresa objeto de estudo (2015).



Figura 12: Carreta finalizada com estrado fixo.

Fonte: Empresa objeto de estudo (2015).

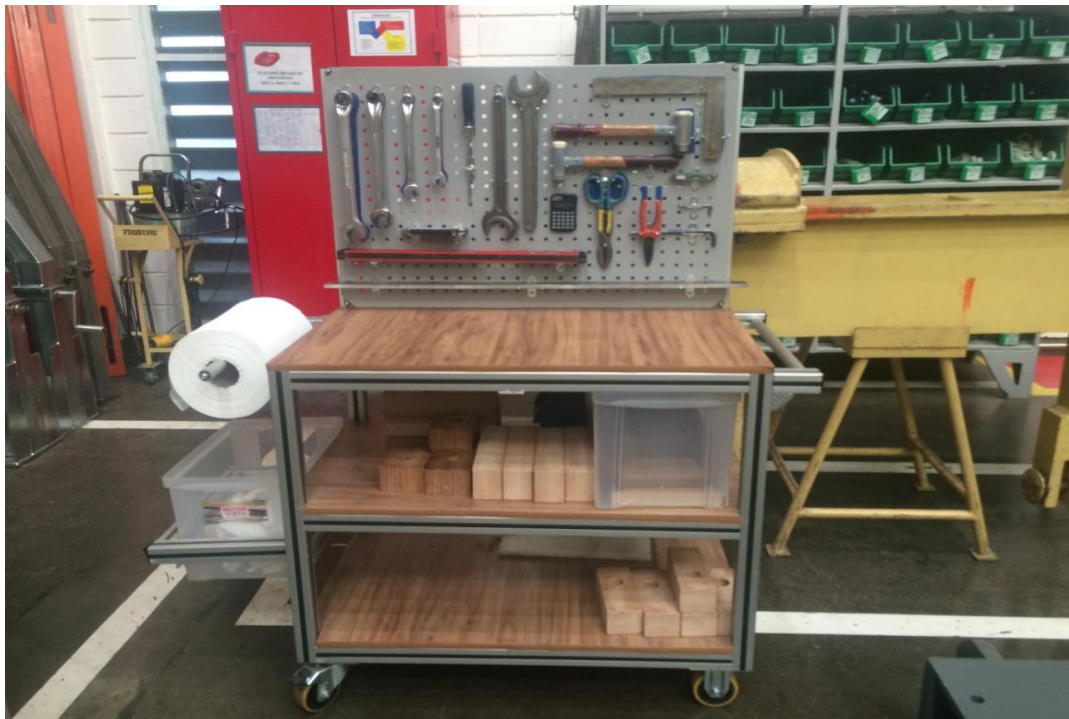


Figura 13: Carrinho de ferramentas definitivo.

Fonte: Empresa objeto de estudo (2015).



Figura 14: Carrinho para etapa 5 definitivo.

Fonte: Empresa objeto de estudo (2015).

Terminada a implementação de todas as ações, foi responsabilidade do time de *Business Excellence* realizar um treinamento com todos os operadores que trabalham no posto onde o evento *Mock Up* foi realizado. Nesse treinamento, foi entregue para cada operador uma folha de trabalho padrão, contendo todo o procedimento para a realização do processo de montagem de núcleo. Na folha de trabalho padrão foram descritas todas as atividades realizadas em cada etapa do processo, complementadas com fotos e desenhos para facilitar o entendimento por parte dos operadores. É importante ressaltar que nessa folha as atividades foram descritas de acordo com o que ficou definido após o evento *Mock Up*, ou seja, o documento contém todas as mudanças realizadas no procedimento de montagem de núcleo de reatores, bem como o passo a passo para a utilização dos dispositivos de auxílio à montagem. O modelo da folha de trabalho padrão pode ser visto no apêndice C.

Após a entrega da folha de trabalho padrão e o treinamento, os operadores do posto de montagem de núcleo de reatores foram considerados aptos a realizar o processo com o ganho de

tempo calculado ao final do evento *Mock Up*. Dessa forma, foi atualizada também a folha de referência do processo. A folha de referência é um documento utilizado pela empresa objeto de estudo para estabelecer metas nos postos de trabalho. Ela contém o tempo de referência de cada atividade realizada no processo, de forma que o líder de produção preencha apenas alguns dados de entrada para que o tempo total do processo seja calculado. Assim, esse documento foi atualizado também pelo time de *Business Excellence* com os novos tempos padrões de cada atividade após a implementação de todas as melhorias no processo.

Realizando o *follow-up* do processo de montagem de núcleo de reatores depois de pouco mais de dois meses da finalização da implementação de todas as ações de melhoria, é possível dizer que a realização do evento *Mock Up* foi um sucesso. Além de uma redução considerável no *lead time* do processo, foi possível notar uma melhora nas condições de trabalho do posto, na qualidade dos produtos e também na satisfação dos operadores com o trabalho e com a empresa de uma maneira geral.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma pesquisa sobre a origem, os conceitos e as principais ferramentas da Produção Enxuta, complementada com a sua aplicação prática em um estudo de caso. A autora optou por enfatizar no trabalho a utilização de ferramentas de melhoria contínua, uma das vertentes do *Lean Manufacturing*, para demonstrar na prática os benefícios que estas proporcionam. O caso foi aplicado em uma planta brasileira de uma multinacional alemã do setor de energia na área de montagem de núcleo de reatores elétricos e seus resultados foram propostos no capítulo 3.

A aplicação prática dos conceitos de melhoria contínua foi realizada utilizando-se a ferramenta *Mock Up*, um conceito utilizado pela própria empresa objeto de estudo que deriva da metodologia 3P, como foi levantado na revisão bibliográfica. A possibilidade adaptação de ferramentas *Lean*, como aconteceu no caso do *Mock Up*, demonstra a flexibilidade que as mesmas possuem para serem moldadas de acordo com a realidade de cada empresa. Além de incentivar a aplicação da Produção Enxuta em todos os tipos de ambientes, a adaptabilidade dos conceitos *Lean* permite que sua aplicação seja mais incisiva e que consequentemente ocorra seu melhor aproveitamento.

O desenvolvimento do presente trabalho foi muito importante para ressaltar a importância e os benefícios que um evento *Mock Up* é capaz de proporcionar para uma empresa. A possibilidade de simular as melhorias levantadas durante o próprio evento por meio de dispositivos improvisados permite que as ideias propostas tenham seu real ganho calculado e que consequentemente estas sejam avaliadas e priorizadas de acordo com seu retorno. Além disso, o evento *Mock Up* representa um estímulo à criatividade dos participantes, permitindo que estes testem na prática sugestões de melhoria pouco convencionais, que não seriam simuladas em um evento *kaizen* tradicional.

A partir da elaboração deste trabalho a autora buscou também minimizar a resistência das pessoas envolvidas nos processos em análise à mudança juntamente com sua conscientização a respeito da importância de se pensar de forma “enxuta”. Nesse contexto, foi possível observar a aceitação dos participantes da equipe *Mock Up* aos conceitos aplicados, de modo que o evento

despertasse seu interesse a respeito do *Lean Manufacturing*. Foi essencial para os colaboradores comprovar resultados positivos do evento, incentivando-os a tentar agregar o máximo de valor possível em suas atividades diárias.

Assim, é possível concluir que o trabalho desenvolvido foi capaz de implementar o conceito de melhoria contínua de maneira satisfatória na organização estudada. O apoio da alta gerência e a participação integral dos colaboradores foi de suma importância para o sucesso do evento *Mock Up*, o que mostra que a empresa objeto de estudo está disposta a adotar a filosofia enxuta em seu cotidiano, eliminando desperdícios, levantando oportunidades de melhoria e consequentemente agregando cada vez mais valor nos seus processos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURTON, R.; TERENCE, T.; BOEDER, S. M. (2003). **Lean extended enterprise: moving beyond the four walls to value stream excellence**. Boca Ration, Ross Publishin, 2003.
- CARLAGE, F. A.; DAVANSO, J. C. (2004). **Conceito de dispositivos à prova de erros utilizados na Meta do Zero Defeitos em Processos na Manufatura**. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/7041297/Poka-Yoke-Unimep>>. Acesso em: 28 Abr. 2015.
- DENNIS, P. (2007). **Fazendo acontecer a coisa certa: Um guia de planejamento e execução para líderes**. São Paulo: Lean Institute Brasil.
- FALCONI, V. (2004). **TQC – Controle Total da Qualidade**. 2.ed. Minas Gerais: INDG.
- GALSWORTH, G. D. (1997). **Visual Systems: harnessing the power of a visual workplace**. Nova York, Amacom.
- GRSZEWski, W.; SCALICE, R. K.; MARTINS, A.A. (2009). **Utilização de mock-ups para mudanças de layout, um estudo de caso**. Artigo publicado no XVI Simpósio de Engenharia de Produção. Disponível em: <www.simpep.feb.unesp.br>. Acesso em: 15 jun 2015.
- GHINATO, P. (2000). **Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção**. In: **Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações**. Ed.: Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife.
- GHINATO, P. (1996). **Sistema Toyota de Produção–Mais do que simplesmente Just-In-Time**. Editora da Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul.
- GIL, A. C. (1991). **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas.
- GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F.C.F. (2004). **Manufatura Enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras**. Gestão & Produção (UFSCAR. Impresso), São Carlos, v. 11, n.1, p. 1-19.
- HINES, P.; FOUND, P.; GRIFFITHS, G.; HARRISON, R. (2011). **Staying Lean: Thriving, Not Just Surviving**, Segunda Edição. New York: Productivity Press.
- HIRANO, H. (1994). **5s na Prática**, 1º ed., São Paulo, IMAM.
- KOSKELA, L. (1992). **Application of the new production philosophy to the construction industry**. Technical Report n. 72, Center for Integrated Facilities Engineering, Dept. of Civil Engineering, Stanford University, CA.

- LEAN INSTITUTE BRASIL. **Gestão visual para apoiar o trabalho padrão das lideranças.** Publicado em julho de 2009. Disponível em: <<http://www.lean.org.br>>. Acesso em: 16 abr. 2015.
- LIKER, J. (2003). **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer.** Editora McGraw-Hill.
- MOURA, R. A. (1989). **Kanban: A simplicidade do controle de produção.** São Paulo, IMAM.
- OHNO, T. (1997). **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Revisão técnica de Paulo C. D. Motta. Porto Alegre: Bookman.
- OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. (2010). **Business Model Generation: A handbook for visionaries, game changers and challengers.** London: Wiley John & Sons.
- PETERSON, J.; SMITH, R. (1998). **O Guia de Bolso do 5S.** Productivity Press, ISBN 0-527-76338-1.
- REALI, L. P. P. (2006). **Aplicação da técnica de eventos Kaizen na implantação de produção enxuta: estudo de casos em uma empresa de autopeças.** Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. (2003). **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.** São Paulo: Lean Institute Brasil.
- SEVERIANO FILHO, C. (1999). **Produtividade & manufatura avançada.** João Pessoa, Edições PPGE.
- SHAH, R.; WARD, P. T. **Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance.** Journal of Operations Management, v. 335, p. 1-21, 2002.
- SHARMA, A. MOODY, P. E. (2003). **A Máquina Perfeita; Como vencer na nova economia produzindo com menos recursos.** Trad. Maria Lúcia G. Leite Rosa. 1.ed. São Paulo : Prentice Hall.
- SHINGO, S. (1996). **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.** 2ª Edição, Porto Alegre: Bookman.
- SHINGO, S. (2000). **O Sistema de Troca Rápida de Ferramentas.** Porto Alegre, Editora Bookman.
- SHOOK, J. (2009). **Toyota's Secret: The A3 Report.** MIT Sloan Manegement Review.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. (2005). **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** Florianópolis, Laboratório de Ensino a Distância da UFSC. Disponível

em<http://tccbiblio.paginas.ufsc.br/files/2010/09/024_Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_d_e_teses_e_dissertacoes1.pdf>. Acesso em: 22 Mai. 2015.

SILVA, J. M. (1996). **O ambiente da qualidade na prática - 5S**. 3. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni.

SLACK, N.; CHAMBLERS, S.; JOHNSTON, R. (2002). **Administração da produção**. 2ªed. São Paulo: Atlas.

SPRICIGO, R. (2014). **Uso de protótipos de processo para o projeto de célula de montagem em um ambiente de manufatura enxuta**. Dissertação (Pós Graduação), Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/129138/328382.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15 jun 2015.

TORRES JR, A. S. (2007). **Passaporte para a “universidade” do Sistema Toyota de Produção**. Disponível em: <http://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_76.pdf>. Acesso em: 20 jun 2015.

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

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. (2004). **A Mentalidade Enxuta nas Empresas, Lean Thinking**. Ed. Campus, 2004.

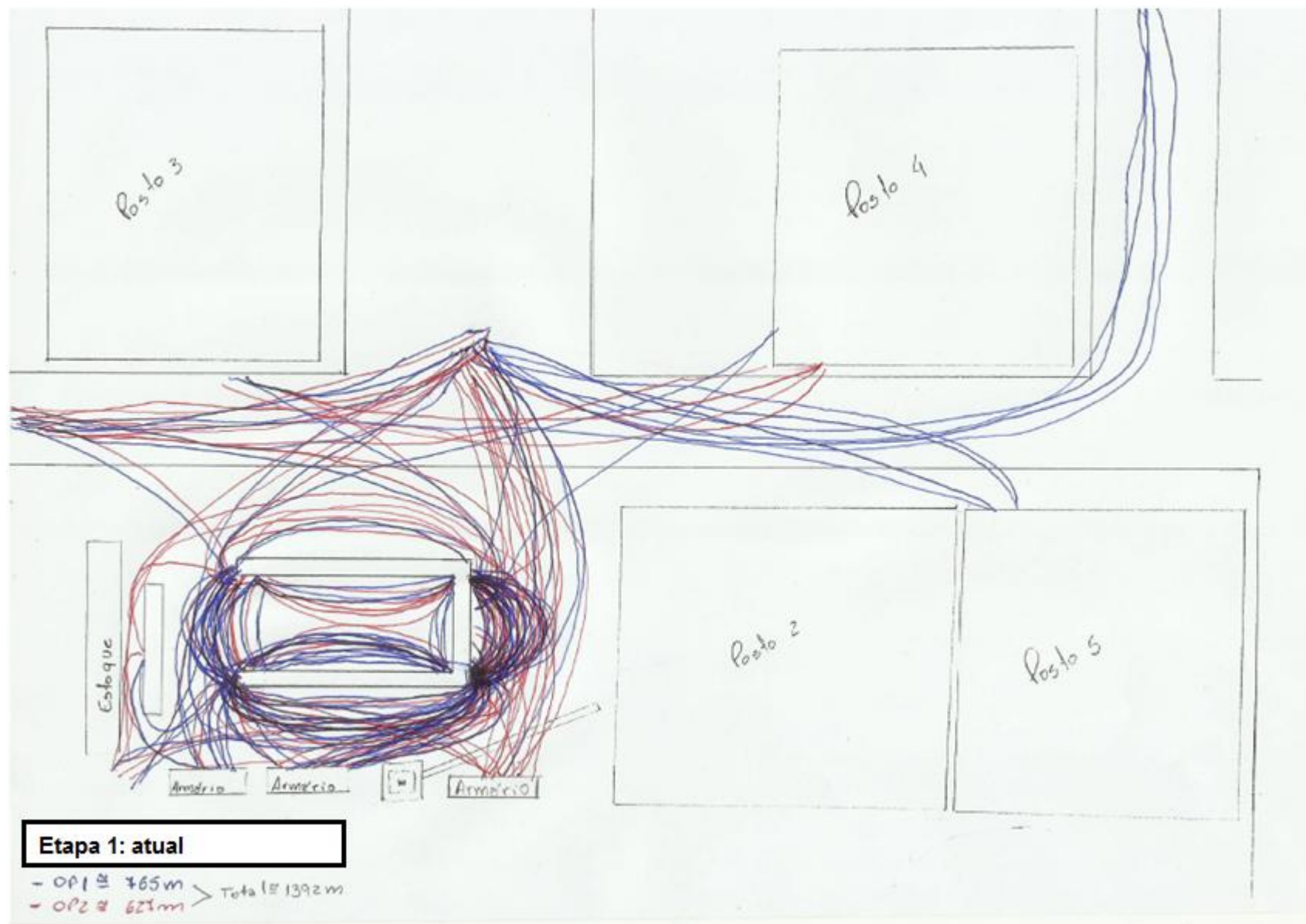
WOMACK, J. E JONES, D. (1996). **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**. Simon & Schuster, New York.

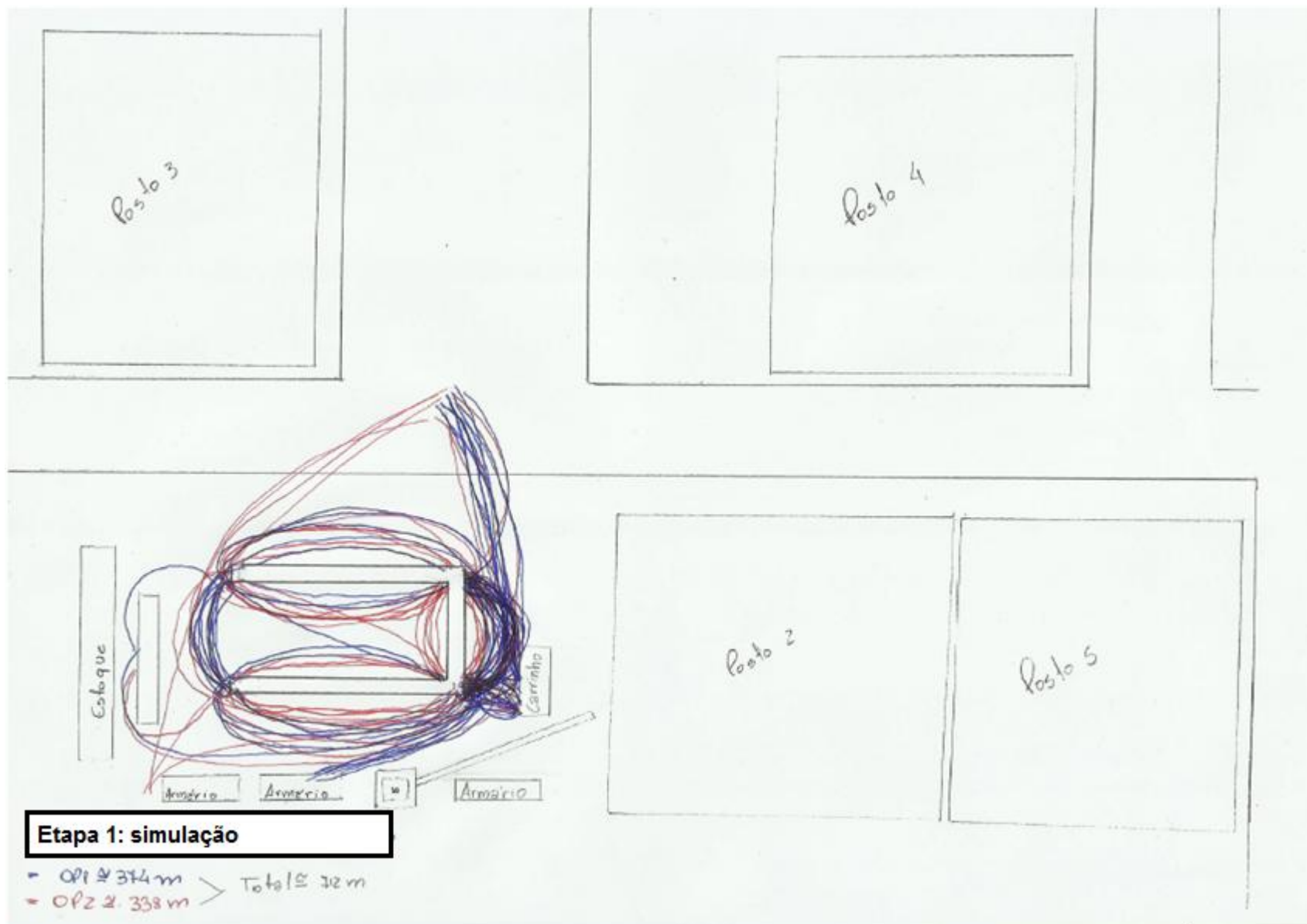
WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. (1992). **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus.

APÊNDICE A – FOLHA DE ANÁLISE

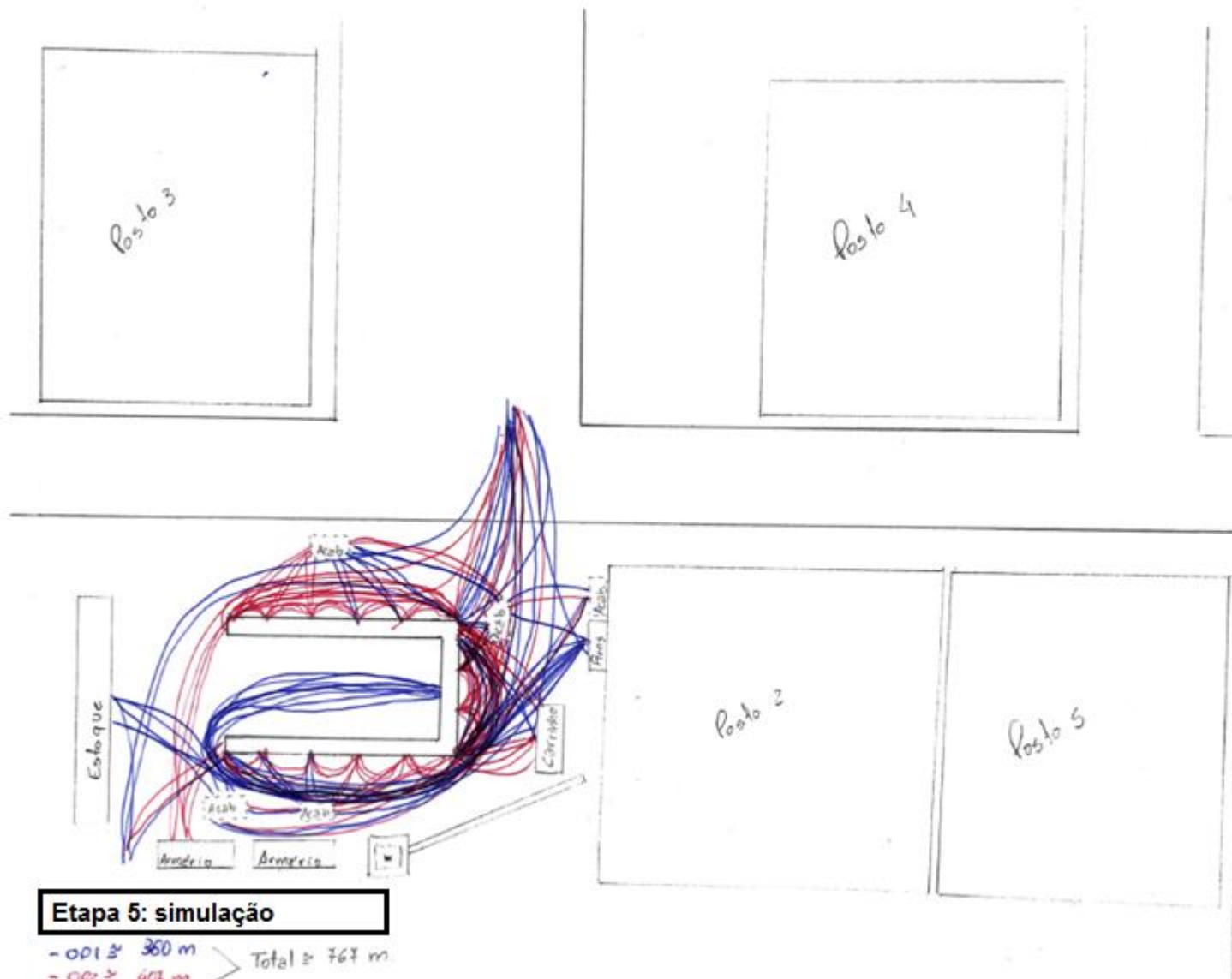
[illegible]

APÊNDICE B – DIAGRAMAS SPAGHETTI









Etapa 5: simulação

- OP1 \approx 360 m
 - OP2 \approx 407 m
 > Total \approx 767 m

APÊNDICE C – FOLHA DE TRABALHO PADRÃO

[illegible]