

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Centro de Tecnologia**  
**Departamento de Engenharia de Produção**

**Aplicação de ferramentas de produção enxuta em uma  
indústria metal-mecânica**

*Jessica Syrio Callefi*

**TCC-EP-55-2013**

**Maringá - Paraná**  
**Brasil**

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Engenharia de Produção

**Aplicação de ferramentas de produção enxuta em uma  
indústria metal-mecânica**

*Jessica Syrio Callefi*

**TCC-EP-55-2013**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Engenharia de Produção, do Centro de  
Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.  
Orientador (a): *Dr<sup>a</sup>. Olívia Toshie Oiko*

**Maringá - Paraná  
2013**

## RESUMO

O cenário industrial atual exige que as empresas busquem melhorias para serem competitivas. Uma pequena melhoria nos processos pode ter um impacto bastante significativo na produção de determinado produto. Estas melhorias são contempladas no *kaizen*, em que o foco é a eliminação de desperdícios. Um mapeamento de fluxo de valor (MFV) permite enxergar quais são os processos que agregam valor ao produto e onde estão os desperdícios. Este trabalho contempla um estudo de caso da aplicação de *kaizen* em uma fábrica de montagem de reservatórios de compressores de ar, a elaboração do mapeamento de fluxo de valor, e a tentativa de balanceamento das operações gargalo; e por fim, a análise dos indicadores de desempenho do processo antes e depois da aplicação destes *kaizens*. Os resultados obtidos são relacionados à melhora dos processos como: melhora do fluxo produtivo, ergonomia, disseminação da cultura *kaizen*, melhora nos produtos e maior visão do processo produtivo.

**Palavras-chave:** *Kaizen*; mapeamento de fluxo de valor, balanceamento de operações.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Casa do Sistema Toyota de Produção .....	13
Figura 2: Ciclo de melhoria contínua .....	14
Figura 3: Dois tipos de <i>Kaizen</i> .....	17
Figura 4: Etapas iniciais do Mapeamento do Fluxo de Valor .....	18
Figura 5: Exemplo de Mapa do Estado Atual.....	20
Figura 6: Legenda para desenho de mapa de fluxo de valor – ícones de fluxo de material e ícones gerais.....	20
Figura 7: Exemplo de Mapeamento do Estado Futuro .....	22
Figura 8: Mapa mental.....	23
Figura 9: Compressor de ar .....	24
Figura 10: Processos e componentes para produção do reservatório .....	25
Figura 11: Mapa do fluxo de valor reservatórios de baixa pressão .....	29
Figura 12: Mapa mental das ações propostas pelo <i>Kaizen</i> .....	30
Figura 13: Fluxo de produção dos reservatórios de baixa pressão .....	31
Figura 14: Novo <i>layout</i> fábrica de reservatórios BP .....	33
Figura 15: Mapa de fluxo de valor futuro.....	36
Figura 16: Tempo das operações e linha do tempo <i>takt</i> (s).....	37
Figura 17: Detalhamento de um ciclo do teste hidrostático .....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Linha de reservatórios de alta pressão
BP	Linha de reservatórios de baixa pressão
FIFO	<i>First in first out</i> (o primeiro que entrar no fluxo será o primeiro a sair)
MFV	Mapa de fluxo de valor
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Action</i> – (Planejar, Fazer, Checar, Agir)

## SUMÁRIO

RESUMO .....	iii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	v
SUMÁRIO.....	vi
1. Introdução.....	8
1.1 Objetivos.....	9
1.1.1 Objetivo geral.....	9
1.1.2 Objetivos específicos.....	9
1.2 Justificativa .....	9
1.3 Definição e delimitação do problema .....	10
1.4 Metodologia .....	10
2. Revisão da literatura .....	12
2.1 Modelo Toyota de Produção.....	12
2.1.1 <i>Muda</i> .....	13
2.1.2 A melhoria contínua dos processos .....	13
2.1.3 <i>Kaizen</i> .....	15
2.1.3.1 Condução de <i>kaizen</i> .....	16
2.2 Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) .....	17
2.2.1 Mapeamento do Estado Atual .....	18
2.2.2 Mapeamento do Estado Futuro .....	21
2.3 Indicadores de desempenho .....	22
2.4 Mapa mental .....	23
3. Estudo de caso .....	24
3.1 O Kaizen .....	25
3.2 O Mapa de fluxo de valor .....	26
3.2.1 Obtenção de dados .....	26
3.3 Situação atual.....	28
3.3.1 Análise .....	30
3.3.1.1 Definir e implantar linha de especiais .....	30
3.3.1.2 Eliminar transportes manuais .....	34

3.3.1.3 Unificar testes AP/BP/Especiais .....	34
3.3.1.4 Melhorar ou fabricar dispositivos de fabricação .....	34
3.3.1.5 Planejar abastecedor de materiais .....	34
3.3.1.6 Eliminar problemas crônicos de manutenção.....	34
3.3.1.7 Elaborar instruções de trabalho e organizar o setor .....	35
3.3.1.8 Reduzir o tempo do processo de lixamento .....	35
3.4 Situação futura .....	35
O tempo de processamento de um produto leva 0,31 dias, e o tempo que realmente agrega valor apenas 1095 segundos. ....	37
3.4.1 Análise do tempo takt.....	37
3.5 Resultados e discussões .....	40
4. Considerações finais .....	42
4.1 Proposta para trabalhos futuros.....	43
REFERÊNCIAS .....	44

## 1. Introdução

Nas últimas décadas, as indústrias passaram por grandes transformações, e atualmente questões como qualidade e custo não são diferencial no mercado, mas premissa para que se possa estar inserido nele. Com a concorrência acirrada, as indústrias precisam melhorar seus processos para se tornarem competitivas.

A empresa em que foi realizado o estudo é do ramo de metal-mecânica e já está no mercado a quase duas décadas e atende o comércio nacional e internacional. Dessa forma, necessita de maior padronização dos processos e melhorias para reduzir custos, sempre focando na qualidade para melhor atender aos clientes.

Em resposta a estas necessidades da empresa, foram utilizadas as metodologias de *Kaizen* e Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV). O *kaizen* é uma metodologia que se utiliza de algumas técnicas de produção para alcançar o melhoramento. Neste caso, a princípio foi realizado um *kaizen* principal com enfoque no fluxo para promover a padronização, e depois, realizados *kaizens* menores que visaram às melhorias para a adaptação ao processo.

Para garantir um melhor aproveitamento dos recursos e maior visualização do todo foi utilizado o MFV, onde os processos, tempo de ciclo, tempo de setup, estoque, em processo e número de operadores ficam evidentes, facilitando a descoberta de pontos que necessitam de melhorias.

Também foram realizadas ações para balancear os processos gargalos com base nos tempos de processamento, o que resultou em sugestões de melhorias a serem implementadas futuramente.

Com o uso de todas estas ferramentas foi possível agir nas causas que mais impactavam no processo e atingir os resultados esperados, diminuindo os tempos de processo, aumentando a capacidade, melhorando a qualidade nos processos e o fluxo dos processos.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo eliminar desperdícios do processo por meio de *kaizen* e deixar o fluxo mais enxuto no setor de fabricação de reservatórios de compressores de ar.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Realizar um evento *kaizen*;
- Analisar os pontos de melhoria identificados no evento *kaizen* principal e ordenar com um mapa mental;
- Implantar os pontos de melhoria do *kaizen* principal;
- Confeccionar o MFV atual;
- Confeccionar o MFV futuro;
- Identificar pontos de *kaizens* menores;
- Implantar os *kaizens* menores;
- Balancear os processos;
- Coletar e analisar os indicadores de desempenho da produção.

## 1.2 Justificativa

A realização deste trabalho teve o objetivo de atender as necessidades de uma empresa de porte médio, fabricante de compressores de ar, que tem conquistado cada vez mais mercado. O rápido crescimento da empresa exige padronização para melhor controle dos processos; e balanceamento dos processos, para melhor utilização dos recursos, buscando a redução de custos.

Ainda, este trabalho se justifica pela importância deste setor, fábrica de reservatórios, na geração do produto final. E por ser um setor com grande necessidade de soluções para melhorar a capacidade, que implica diretamente em melhorar a capacidade da fábrica.

A mudança de layout foi uma das ações prioritárias do *kaizen* principal, pois havia a necessidade de se criar as primeiras condições para uma padronização dos processos.

Após esta primeira padronização, novas medidas precisaram ser tomadas, uma vez que a mudança na forma de trabalho dos operadores gera a necessidade de outras pequenas melhorias. Estas pequenas melhorias foram contempladas nos outros *kaizens* menores.

Outras questões como a falta de ergonomia, setups demorados, manutenções corretivas frequentes, entre outras, justificam a aplicação dos *kaizens* menores, que analisam a fundo estes problemas e propõem soluções simples que geram resultados significativos.

Com o MFV percebe-se a necessidade de um balanceamento do fluxo produtivo, já que havia grande discrepância entre tempos de ciclo dos operadores, gerando gargalos e elevado tempo de ciclo para os produtos.

### **1.3 Definição e delimitação do problema**

O foco deste trabalho é o balanceamento da linha de produção de reservatórios de compressores de ar de baixa pressão, composta por 21 itens. Foram considerados os processos de solda longitudinal, ponteamto de calotas, solda circunferencial, ponteamto de acessórios, lixamento e teste hidrostático.

O *kaizen* foi realizado do período de abril de 2013 a agosto de 2013, e os dados coletados para o mapa de fluxo de valor abrangem os meses de junho, julho e agosto de 2013.

### **1.4 Metodologia**

A metodologia deste trabalho é um estudo de caso aplicado, onde as ferramentas *kaizen* e Mapa do Fluxo de Valor (MFV) foram aplicadas na empresa estudada.

Para a coleta de dados foram utilizados os procedimentos: entrevistas informais, pesquisa documental, observação in loco, medições e utilização de dados anteriores.

Com uma visita ao *gemba* (chão de fábrica) foram sugeridas propostas de melhoria, por meio de um *brainstorm*, do qual participaram representantes dos setores de planejamento e controle da produção, engenharia, qualidade e operadores da produção. E para a organização destas propostas de *kaizens* foi utilizado um mapa mental, onde os pontos eleitos como oportunidades de melhoria foram agrupados por afinidade.

O MFV foi utilizado para uma melhor compreensão do ambiente fabril, e assim possibilitar a identificação de outros possíveis pontos de melhoria, e facilitar a visualização para um balanceamento da linha produtiva. Sua confecção segue o modelo proposto por Rother e Shook (2003) e foi desenhado na planilha *ValueStreamMap – Systems2win*.

Após a aplicação das melhorias, foram analisados os dados coletados para mensurar a melhora obtida com a aplicação destas ferramentas.

## 2. Revisão da literatura

### 2.1 Modelo Toyota de Produção

O Sistema Toyota de Produção pode ser conceituado como:

“uma filosofia de gerenciamento que procura otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e a moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só manufatura, mas todas as partes da organização. (GUINATO, P., 2000)

Guinato (2000) explica também os pilares de sustentação do Sistema Toyota, que podem ser visualizados na Figura 1:

**Estabilidade:** este é o requisito base do Sistema Toyota, pois somente com controle e processos estáveis é possível garantir itens sem defeito e na quantidade e momentos certos.

**Heijunka:** diz respeito ao nivelamento e seqüenciamento das quantidades e tipos de produto. De forma a buscar a diminuição no tamanho dos lotes e, conseqüentemente, diminuição de estoque.

**Kaizen:** pode ser definido como melhoria incremental e contínua de uma atividade.

**Just-In-Time:** significa que cada processo deve ter os itens certos, na quantidade, momento e local certos. Três fatores são essenciais para o *Just-In-Time*: fluxo contínuo, *takt time* e produção puxada.

**Jidoka:** é dar autonomia para o operador ou à máquina de parar o processamento sempre que houver alguma anormalidade, e também implementar a automação quando possível.

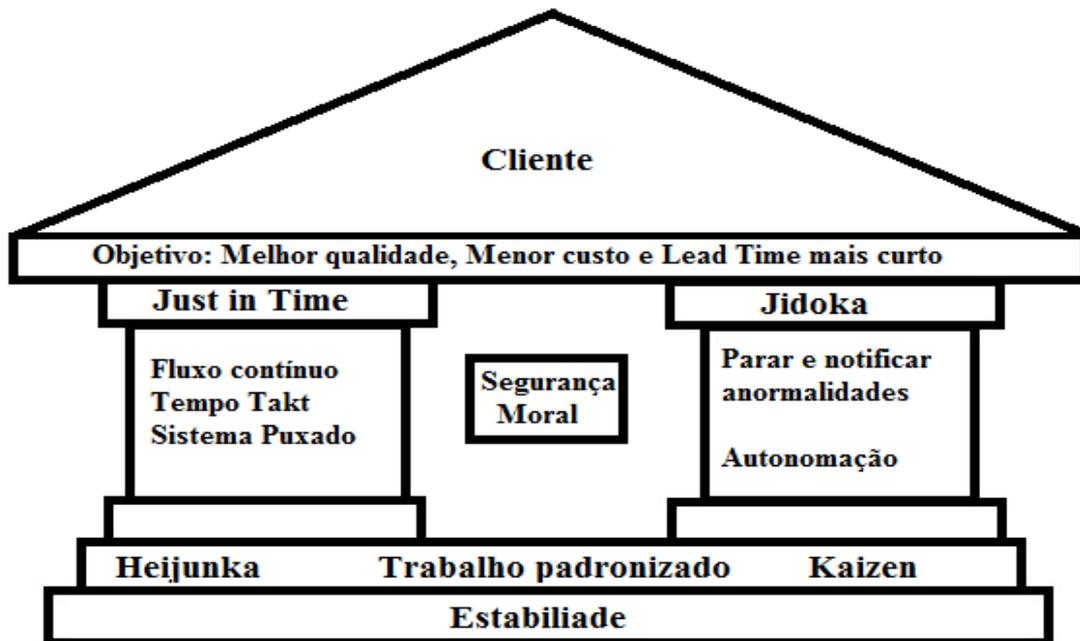


Figura 1: Casa do Sistema Toyota de Produção

Fonte: Adaptada de <<http://www.lean.org.br>>

### 2.1.1 Muda

A palavra japonesa *muda* significa “perda” [...]. O trabalho é uma série de processo ou etapas, começando com a matéria-prima e terminando com o produto ou serviço final. A cada processo, acrescenta-se valor ao item [...]. Os recursos em cada processo – pessoas, máquinas e materiais – agregam ou não agregam valor. O *muda* refere-se a qualquer atividade que não agregue valor (perda). (IMAI, 2000, p.79).

Ohno (1997) classifica as perdas que ocorrem no chão-de-fábrica em sete categorias:

- Desperdício de superprodução;
- Desperdício de tempo disponível (espera);
- Desperdício em transporte;
- Desperdício do processamento em si;
- Desperdício de estoque disponível (estoque);
- Desperdício de movimento;
- Desperdício de produzir produtos defeituosos.

### 2.1.2 A melhoria contínua dos processos

Para Suzaki (2005) um dos fundamentos básicos da melhoria contínua passa por um ciclo de quatro pontos: padronizar, expor os problemas, implementar o novo método e solucionar problemas, como exemplificado na Figura 2:

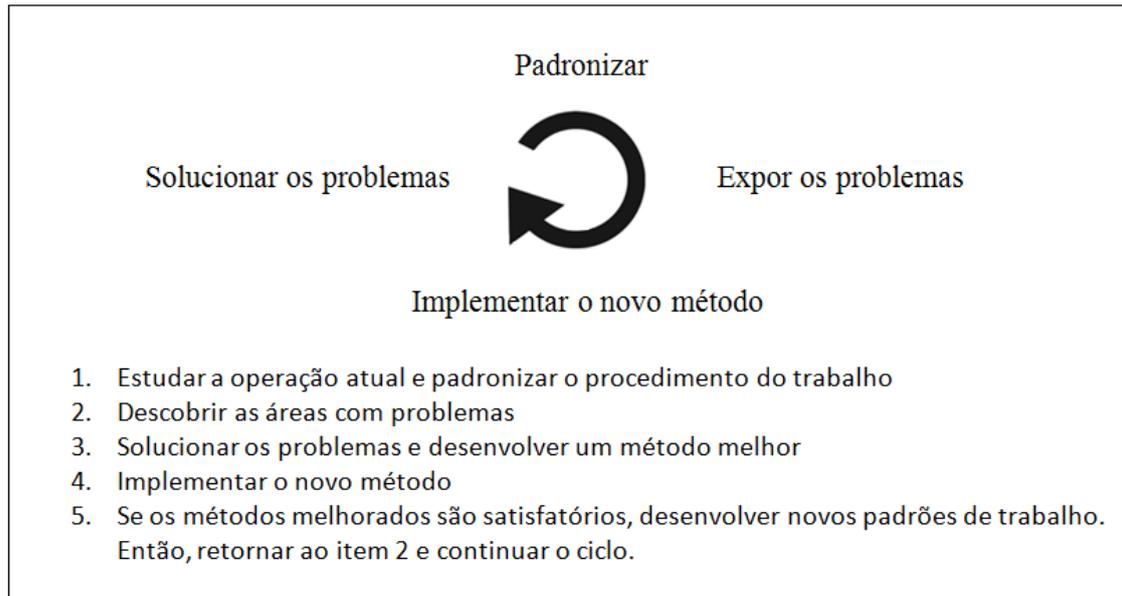


Figura 2: Ciclo de melhoria contínua

Fonte: (SUZAKI, 2005, p.56)

Suzaki (2005) apresenta conceitos básicos de solução de problemas, são eles:

- Utilizar o bom senso.
- Simplificar, combinar e eliminar.
- Eliminar de perda.
- Perguntar “por quê” cinco vezes.
- Fazer lista de verificação 6-M (mão-de-obra, máquina, método, material, meio ambiente e medição).
- Basear o controle no fato.
- Atacar a primeira área-chave.
- Controlar o inesperado/incerto.
- Utilizar PDCA (planejar-executar-verificar-agir).
- Realizar *Brainstorming*/ reunião de grupo.

E como ferramentas específicas da engenharia industrial, o autor apresenta:

- Gráfico homem-máquina, estudo de tempo.
- Gráfico de combinação do trabalho.

- Análise do processo.
- Análise do fluxo de material.
- Redução do tempo de *setup*.
- Layout da fábrica.
- Produção em fluxo de uma só peça.
- Treinamento cruzado em processo múltiplos.
- Análise do tempo ciclo.

Os padrões existentes precisam ser atualizados, como resultado das atividades de *kaizens*. Neste estágio, passa-se do estágio de “manutenção” para o estágio de “melhoria” (IMAI, 2000, p.58). Portanto, o conceito central do *kaizen* é a melhoria contínua.

Imai (2000) apresenta algumas das principais características dos padrões, que são:

- A melhor, mais fácil e mais segura forma de executar o trabalho.
- A melhor forma de preservar o conhecimento do processo na empresa.
- Medir o desempenho.
- Mostrar as relações entre causa e efeito.
- A base para manutenção e melhoria.
- Objetivos, simples e compreensíveis.
- A base para o treinamento.
- Uma base para auditoria ou diagnóstico.
- Um meio de impedir a recorrência ou minimizar as variações.

### **2.1.3 Kaizen**

O *kaizen* é uma ferramenta de melhoria de processos. No *kaizen*, a satisfação do consumidor é avaliada em termos como qualidade, custo e programação. [...] Os esforços para melhorar a produtividade e a qualidade são a realidade. (IMAI; M., 1994).

Imai (1994) expõe que a estratégia do *kaizen* está voltada para o processo e para o resultado. O esforço pela melhoria do processo tão importante quanto o resultado em si. Por isso é necessário o envolvimento e comprometimento da equipe.

Imai (1994) acrescenta que o *kaizen* é um conceito guarda-chuva, que abriga as práticas de produção desenvolvidas no Japão. Estes conceitos são: orientação para o consumidor, TQC (Controle Total da Qualidade), robótica, circuitos de controle de qualidade, sistema de sugestões, automação, disciplina no local de trabalho, manutenção produtiva total, kanban, melhoramento da qualidade, “*just-in-time*”, zero defeitos, atividades em grupos pequenos, relações cooperativas entre administração e mão-de-obra, melhoramento da produtividade, e desenvolvimento de novos produtos.

Imai (2000) traz que os enfoques de melhorias realizadas pelo *Kaizen Institute of America*, que mais ocorrem são: mudança de máquina, tempo de produção, matéria prima, estoque em processo, distância de transporte, espaço no chão de fábrica, refugos e retrabalho.

### **2.1.3.1 Condução de *kaizen***

As etapas padronizadas de *kaizens*, segundo Imai (2000), são:

1. Escolher o tema: de acordo com a prioridade, importância, urgência ou situação econômica.
2. Entender a situação atual: ir ao chão-de-fábrica e coletar dados ou seguir as regras de outro da gerência do *gemba* (chão-de-fábrica).
  - i. Ir até o *gemba*;
  - ii. Verificar o equipamento, refugo, mercadoria, ou o que for o item relevante;
  - iii. Tomar as medidas necessárias na mesma hora;
  - iv. Encontrar a causa básica;
  - v. Padronizar, para evitar reincidência.
3. Coletar e analisar os dados para possibilitar a identificação da causa-raíz.
4. Estabelecer contra-medidas com base em análise de dados
5. Implementar contra-medidas.

6. Confirmar os efeitos das contra-medidas.
7. Estabelecer ou revisar padrões para evitar recorrência.
8. Analisar os processos acima e começar a trabalhar nas etapas seguintes.

A história de *kaizen* segue o ciclo PDCA. As etapas 1 a 4 relacionam-se ao P (planejar), a etapa 5 relaciona-se ao D (fazer), a etapa 6 relaciona-se ao C (verificar) e as etapas 7 e 8 relacionam-se ao A (agir) (IMAI, 2000).

É importante eleger qual tipo de *kaizen* será feito para facilitar nas decisões e envolver de melhor maneira a alta administração ou a linha de frente, como mostrado na Figura 3.

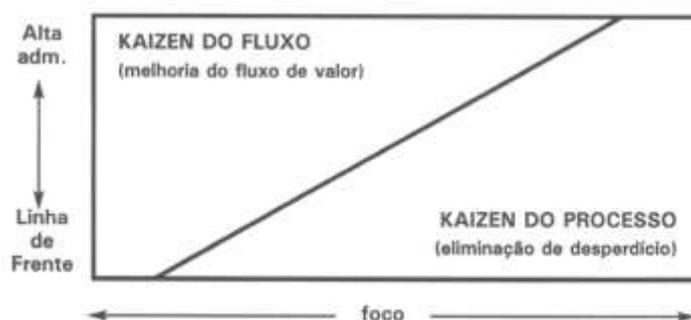


Figura 3: Dois tipos de Kaizen

Fonte: (ROTHER & SHOOK, 2003, p. 8)

O *kaizen* de fluxo concentra-se no fluxo de material e de informação [...] e o *kaizen* de processo focaliza no fluxo das pessoas e dos processos (ROTHER; M, SHOOK; J, 2003; p. 8).

## 2.2 Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV)

O mapeamento do fluxo de valor pode ser uma ferramenta de comunicação, uma ferramenta de planejamento de negócios e uma ferramenta para gerenciar o processo de mudança. (ROTHER; M, SHOOK; J, 2003; p. 9).

A Figura 4 apresenta um fluxograma proposto por Rother e Shook (2003) para o desenho do MFV. Primeiro elege-se a família de produtos, que corresponde ao agrupamento de produtos de acordo com suas características, depois se faz o desenho

atual para poder compreender como estão os processos e o que necessita de melhoria, depois é feito um desenho do estado futuro, onde são propostas as melhorias, e por fim, as melhorias são realizadas.

Ainda, este último desenho se tornará o desenho atual e poderá passar por novos redesenhos, buscando melhorar sempre.

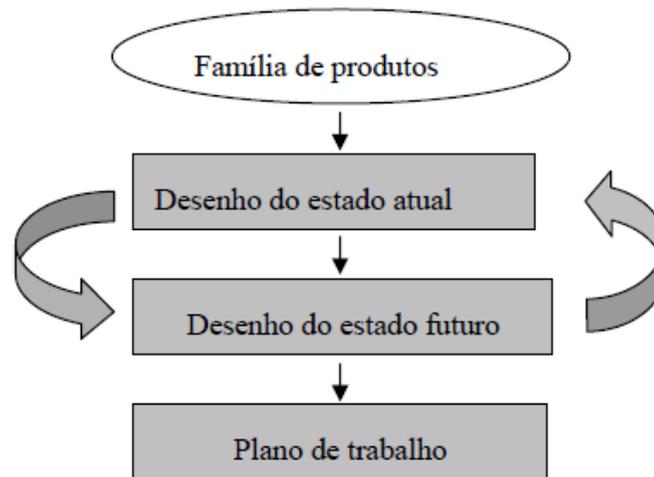


Figura 4: Etapas iniciais do Mapeamento do Fluxo de Valor

Fonte: (ROTHER & SHOOK, 2003, p. 9)

### 2.2.1 Mapeamento do Estado Atual

Rother e Shook (2003) apresentam a sequência de como desenhar o mapa do estado atual.

- Escolher uma família de produtos, existir uma pessoa responsável por mapear, começar pelo nível “porta-a-porta”, onde as informações são coletadas *in loco*, e também, levantar como são feitos os fluxos de material e informações.
- Desenhar os processos básicos de produção, e uni-los por um símbolo que represente o modo pelo qual o produto é enviado para a próxima operação.
- Outras informações devem compor estas caixas de processos, e nesta lista devem conter os dados mais importantes para o processo, os autores trazem como dados típicos dos processos:
  - Tempo ciclo;

- É o tempo total de um processo, contando a operação do início do processamento do primeiro produto até o início do processamento do segundo produto.
- Tempo de troca;
  - É o tempo de troca de dispositivos para mudar a produção entre uma peça e outra.
- Disponibilidade real da máquina;
  - É a porcentagem de operação efetiva da máquina.
- Tamanho dos lotes de produção;
- Número de operadores;
- Número de variações do produto;
- Tamanho da embalagem;
- Tempo de trabalho;
- Taxa de refugo.
- Sinalizar e quantificar os dados de estoque em processo em cada um dos processos, por quantidades e dias de produção.
- Representar como é o fluxo de informações, se manual ou eletrônico.
- Representar os fornecedores e cliente final do processo mapeado, juntamente com a quantidade de material recebido e enviado.

A Figura 5 mostra um exemplo de um Mapa do Estado Atual, e a Figura 6 a legenda segundo os autores Rother e Shook (2003).

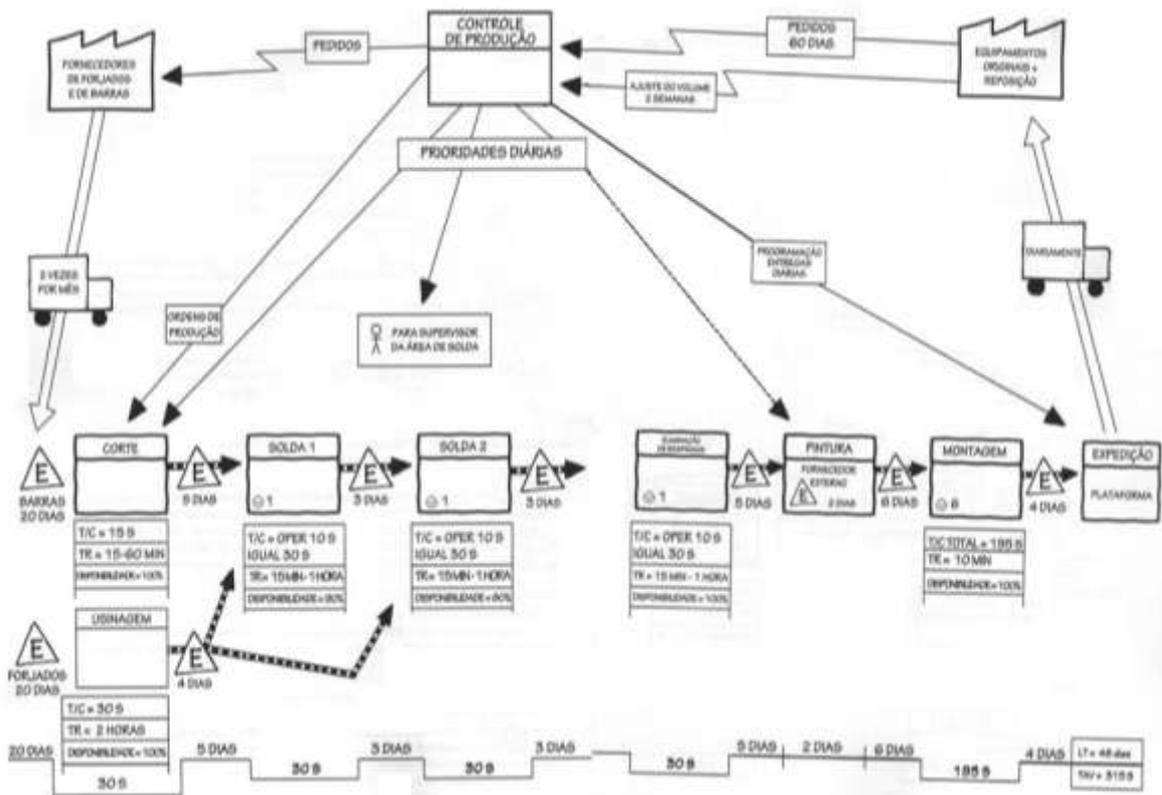


Figura 5: Exemplo de Mapa do Estado Atual

Fonte: (ROTHER & SHOOK, 2003, Apêndice B)



Figura 6: Legenda para desenho de mapa de fluxo de valor – ícones de fluxo de material e ícones gerais

Fonte: (ROTHER & SHOOK, 2003, Apêndice B)

### 2.2.2 Mapeamento do Estado Futuro

O próximo passo depois mapeamento do estado atual é o mapeamento do estado futuro.

O objetivo de mapear o fluxo de valor e destacar as fontes de desperdício e eliminá-las através da implementação de um fluxo de valor em um “estado futuro” que pode tornar-se uma realidade em um curto período de tempo. A meta é construir uma cadeia de produção onde os processos individuais são articulados aos seus clientes ou por meio de fluxo contínuo ou puxada, e cada processo se aproxima o máximo possível de produzir apenas o que os clientes precisam e quando precisam (ROTHER & SHOOK, 2003, p. 57).

Rother e Shook (2003) elegem oito questões chave para o desenho do estado futuro, são elas:

1- Qual é o takt time?

O *takt time* é calculado dividindo-se o tempo disponível de trabalho (em segundos) por turno pelo volume da demanda do cliente (em unidades) por turno. (ROTHER; M, SHOOK; J, 2003; p. 44).

$$takt\ time = \frac{tempo\ de\ trabalho\ disponível\ por\ turno}{demanda\ do\ cliente\ por\ turno} \quad (1)$$

Equação 1: Equação do *takt time*.

- 2- A produção será para um supermercado de produtos acabados para clientes puxarem ou para a expedição?
- 3- Onde é possível utilizar o fluxo contínuo?
- 4- Onde é necessário ter supermercado?
- 5- Qual será o “processo puxador” para programar a produção?
- 6- Como será nivelado o mix de produção
- 7- Qual incremento de trabalho será liberado uniformemente do processo puxador?
- 8- Quais melhorias serão necessárias no processo?

Com as respostas para estas questões é possível montar o mapeamento de fluxo de valor do estado futuro. A Figura 7 mostra um exemplo de mapeamento de estado futuro.



Os processos de gestão operacional são definidos por Kaplan e Norton (2004) como processos básicos do dia-a-dia, no qual as empresas produzem os produtos e serviços que precisam entregar para os clientes. Como o foco deste trabalho são os processos internos, serão considerados apenas os indicadores referentes a esta dimensão e também relevantes para este estudo de caso, são eles:

- Duração do ciclo (tempo decorrido do início ao fim da produção);
- Duração do processo (tempo em que o produto é efetivamente processado);
- Eficiência do processo (índice entre duração do ciclo e duração do processo);
- Porcentagem da capacidade utilizada;
- Confiabilidade do equipamento (porcentagem do tempo disponível para produção).

## 2.4 Mapa mental

Segundo Bovo (2013) o mapa mental pode ser definido como uma ferramenta poderosa de anotação de informações de forma não linear, onde a ideia principal é colocada no centro de uma folha de papel branco e as outras ideias são descritas apenas com palavras chaves e ilustradas com imagens e ícones. As ideias ficam organizadas e hierarquizadas dentro de tópicos de um assunto, gerando uma visão global e a interligação dos assuntos. Na Figura 8 é ilustrado um modelo de mapa mental.

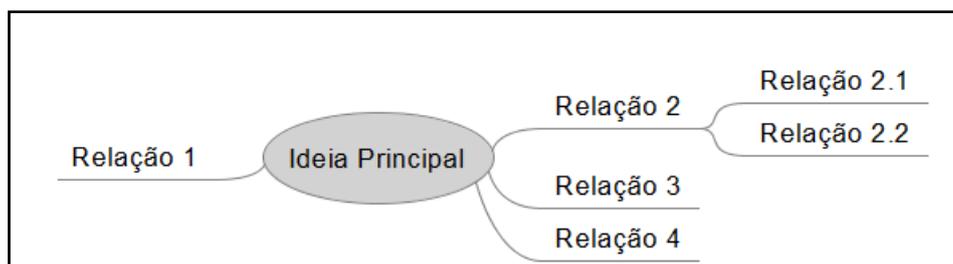


Figura 8: Mapa mental

### 3. Estudo de caso

A empresa na qual foi realizado de caso é do ramo de metal-mecânica, de porte médio. A produção da empresa é caracterizada pelo fluxo empurrado. Onde, de acordo com a previsão de demanda, enviam-se ordens de produção para os diversos setores produtivos de componentes dos produtos.

O reservatório é um dos componentes principais para a fabricação do compressor de ar, Figura 9, que é o produto principal da empresa. Os compressores são divididos entre: baixa pressão (BP), alta pressão (AP), e especiais. Sendo que, os produtos de baixa pressão têm maiores demanda.



Figura 9: Compressor de ar

O setor responsável pela fabricação deste componente necessitava de melhorias, pois não estava atingindo sua meta de produção diária. Este setor abrange as atividades desde o corte da chapa até a pintura do reservatório.

Em virtude da complexidade de produção deste componente, decidiu-se por realizar um *kaizen* na parte da linha que compreende a sequência de processos de: soldagem longitudinal, ponteamto de calotas, solda circunferencial, ponteamto de acessórios, soldagem de acessórios, lixamento e teste hidrostático.

Os setores de corte, dobra, estampo, calandra e pintura não foram considerados neste *kaizen* já que o foco do trabalho foram os processos gargalos, e estes não apresentam grandes dificuldades.

Ainda, o balanceamento de processos será realizado primeiramente na linha de baixa pressão, por conter grande demanda e maior quantidade de produtos passando por ela.

Os processos e componentes para a produção do reservatório estão expostos na Figura 10.



Figura 10: Processos e componentes para produção do reservatório

### 3.1 O Kaizen

No *kaizen* foi utilizado para analisar de perto o setor e identificar suas necessidades. Foram convocados representantes dos setores de engenharia, qualidade, produção, programação e controle da produção e ferramentaria, para compor a equipe.

Deu-se início ao *kaizen* primeiramente com a definição dos objetivos a serem alcançados:

- Aumentar a capacidade da linha de reservatórios;

- Aumentar a eficiência de produção da linha de reservatórios;
- Diminuir as taxas de refugo e retrabalho.

Após, foi realizado um treinamento com todos os integrantes convocados para compor o *kaizen*, abordando o sistema de manufatura enxuta, com enfoque nos sete desperdícios.

Com esta visão teórica, toda a equipe visitou o *gemba* e identificou desperdícios como: movimentação desnecessária, por falta de posicionamento adequado das máquinas em linha contínua; estoque em processo, por haver desbalanceamento da linha; dispositivos de fabricação ineficientes, o que gerava retrabalho e refugo; entre outros. Estes foram denominados: “problemas = oportunidades de melhoria”.

Ainda foram levantados dados referentes ao processo como: quantidade de produtos produzidos no mês, tempo ciclo dos processos, tempo *takt* da linha, lista de componentes do produto, quantidade de estoque em processo, índices de refugo e retrabalho, e desenhado o layout esquemático com o fluxo das operações.

### 3.2 O Mapa de fluxo de valor

A elaboração dos mapas de fluxo de valor ocorreu após as mudanças de layout, para identificar e documentar as mudanças da primeira fase do *kaizen* no mapa atual, e para sugerir melhorias no mapa futuro.

#### 3.2.1 Obtenção de dados

O **tempo ciclo (T/C)** foi definido a partir da média ponderada da demanda pelo tempo ciclo de cada produto. Este dado foi obtido pela coleta no banco de dados para a confecção do mapa atual; e por cronoanálise no mapa futuro.

Para eleger um tempo ciclo geral foi calculada a média ponderada entre o tempo ciclo de cada produto pela sua demanda, conforme a Equação 2: Média ponderada dos tempos ciclo, já que o mix de produtos é grande e o tempo de processamento de cada um desses produtos varia.

$$\sum_{i=1}^n \frac{tc_i * d_i}{d} \quad (2)$$

## Equação 2: Média ponderada dos tempos ciclo

Onde:

$t_{c_i}$ : tempo ciclo;

$d_i$ : demanda do produto  $i$ ;

$d$ : demanda total.

Os **estoques em processo** foram definidos de acordo com a contagem de estoque em processo em um dia produtivo corriqueiro.

O **número de operadores** foi definido com a contagem de operadores que realizam a operação no processo relacionado. Em todos os processos há apenas um operador, exceto na primeira etapa de corte, dobra, estampo e calandra, que contam com 4 operadores.

Para a **disponibilidade das máquinas** levou-se em consideração o tempo disponível da máquina em um dia de trabalho, descontando o tempo necessário para abastecer estas com de arame e fluxo de solda.

Não existe **tempo de troca** nas máquinas já que o mesmo tipo de fluxo e arame são utilizados para fabricar todos os produtos de uma mesma família.

O **tempo takt** foi calculado pela razão entre o tempo disponível de trabalho pelo volume da demanda do cliente.

Outros indicadores são utilizados na empresa e gerados mensalmente como: **eficiência, quantidades produzidas, refugos e retrabalhos**, e foram utilizados para fins de cálculo neste trabalho considerando a média do trimestre anterior ao *kaizen* e após a realização do *kaizen*, para posterior análise. A eficiência é a porcentagem de peças produzidas em relação à meta de produção estabelecida pela empresa. As quantidades produzidas, no caso, são os números de reservatórios produzidos no mês. E os índices de refugo e retrabalho são calculados de acordo com a porcentagem de refugos e retrabalhos em relação à produção do mês.

### 3.3 Situação atual

A Figura 11 mostra o mapa de fluxo de valor da situação atual, antes das mudanças ocorridas pelo *kaizen*.

Pode-se observar que o processo segue em linha, a operação de lixamento é a mais demorada, seguida da solda de acessórios. Existe um estoque em processo bastante variável, acumulando-se mais entre o ponteamto de acessórios, a solda de acessórios e o teste hidrostático.

A disponibilidade das máquinas é alta, já que as máquinas são dedicadas para esta linha, parando apenas para abastecimento de fluxo e de arame. Não existe *setup*, porque as operações de solda dessa família de produtos são feitas com o mesmo arame e máquina.

Em cada posto trabalha um operador e as ordens de produção são enviadas para o setor de calandra, e acompanha a peça por toda a fabricação, apontando no sistema nos setores de calandra, solda de acessórios e teste hidrostático.

Foram marcados os pontos de *kaizens* onde se identificou oportunidades de melhoria.

Os tempos de processamento foram obtidos a partir do banco de dados da empresa. Porém, não havia informações coerentes sobre os tempos de processamento do teste hidrostático. Portanto os tempos destes processos não puderam ser validados e utilizados neste mapa atual.

O lixamento e a solda de acessório são os processos com o maior tempo de ciclo de processo. Definindo a capacidade da linha.



### 3.3.1 Análise

Com as observações feitas no setor durante o *kaizen*, realizou-se um *brainstorm* com os integrantes da engenharia e ferramentaria, onde surgiram várias propostas de soluções para os problemas levantados, e entre estas foram eleitas as ações prioritárias. Na Figura 12 são apresentadas estas ações organizadas por meio de um mapa mental.

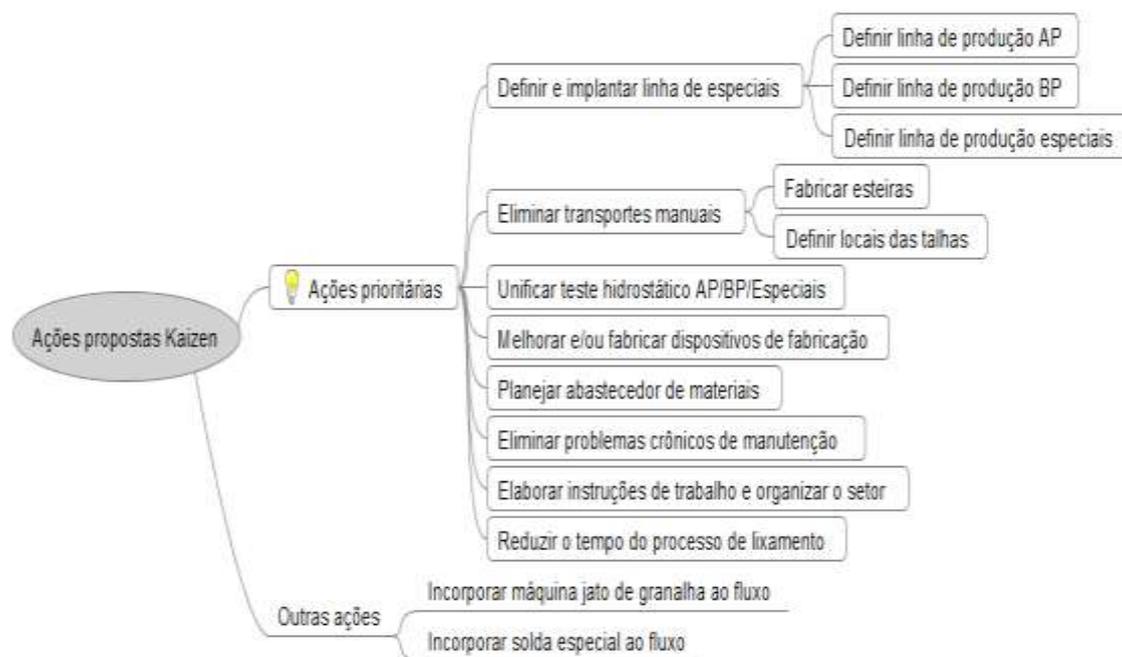


Figura 12: Mapa mental das ações propostas pelo Kaizen

Com este mapa elaborado foram definidas as ações prioritárias e outras ações. Nos tópicos seguintes haverá um detalhamento destas ações.

#### 3.3.1.1 Definir e implantar linha de especiais

Esta ação exigiu a mudança de layout para o surgimento de espaço para a linha de produtos especiais, que antes passavam junto aos produtos de alta pressão.

Na Figura 13: é mostrado o fluxo dos tubos de compressores de baixa pressão antes do *kaizen*. É possível enxergar que só existem trilhos em algumas partes do processo, a disposição das máquinas permite que se formem grandes estoques intermediários, além de ocasionar desperdícios de movimentação.

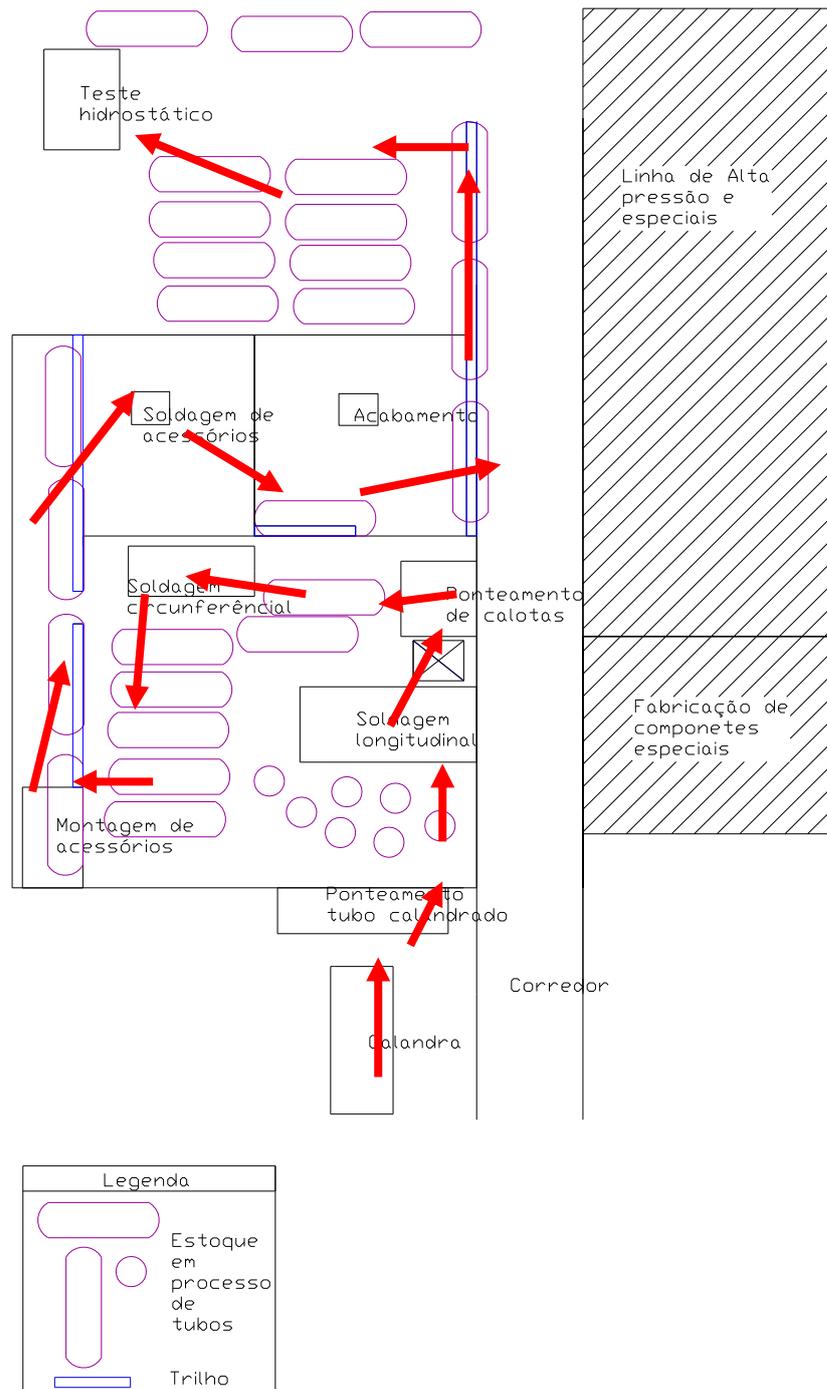


Figura 13: Fluxo de produção dos reservatórios de baixa pressão

Depois que o tubo é calandrado e pontado, ele fica num estoque intermediário até entrar na solda longitudinal. Dali segue para o pontamento das calotas, depois para outro estoque intermediário até a soldagem circunferencial, que resulta em um novo estoque intermediário até a montagem de acessórios.

Da montagem de acessórios até o teste hidrostático os produtos seguem por trilhos quando estão em estoques intermediários.

Com a ação de definir e implantar a linha de especiais procurou-se eliminar os problemas de excesso de movimentação, falta de locais específicos para estoque e retrabalhos, melhorar a movimentação dos produtos em processo, e dedicar cada uma das três linhas de produção para suas respectivas famílias de produtos: compressores de alta pressão, compressores de baixa pressão e compressores especiais.

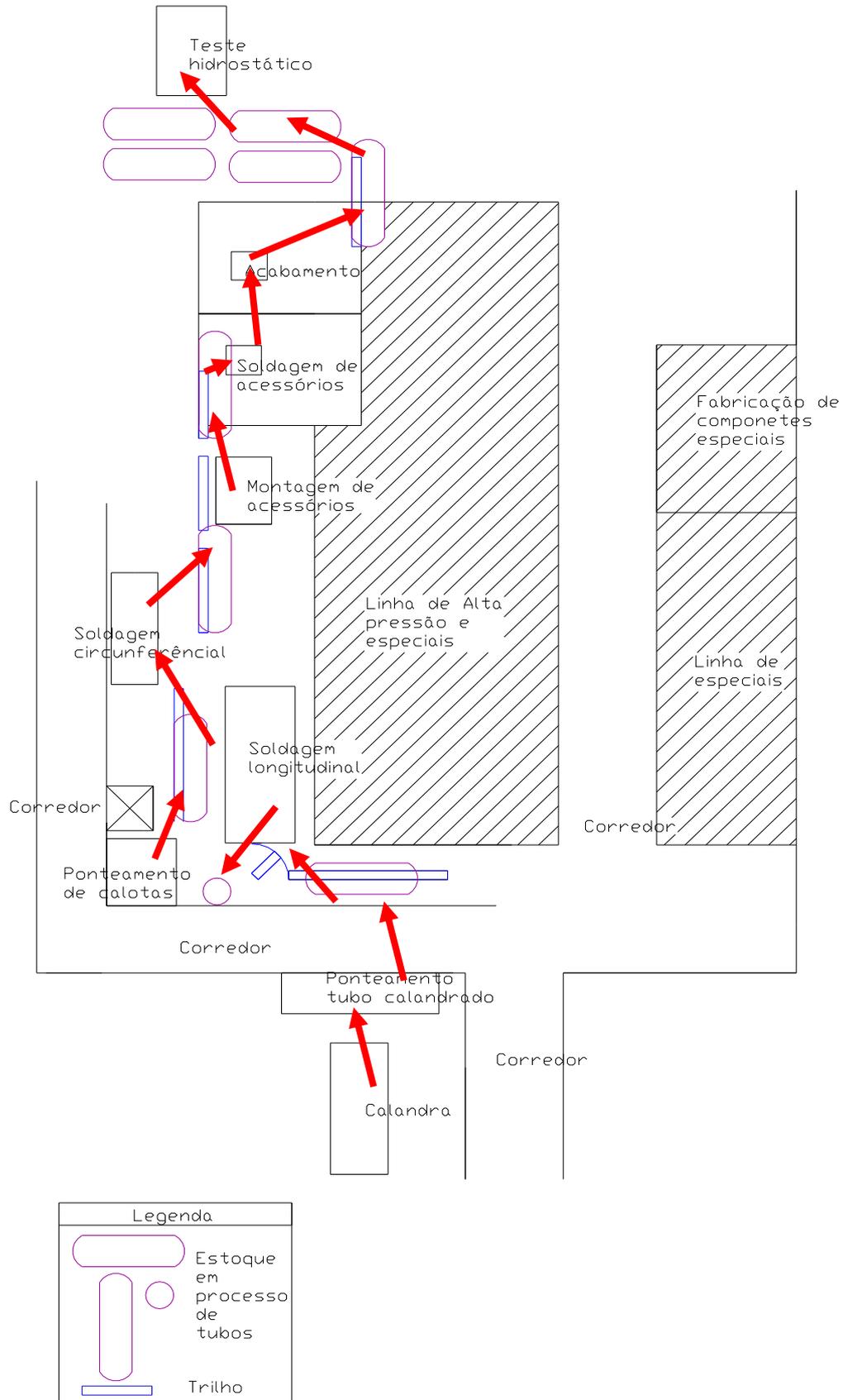
Surgiram cinco propostas para a mudança de layout. A primeira proposta tida como ótima por todos seria mais dificultosa de ser implantada devido a distancia dos cabos de energia com maior potência na fábrica. Então se elegeu uma segunda proposta.

Para realizar a mudança de layout da linha de reservatórios de baixa pressão foram necessários dois dias, escolheu-se um final de semana ao final do mês, para que estas ações não atrapalhassem a produção e para que a menor eficiência dos colaboradores devido à adaptação à linha não afetasse tanto na produção mensal.

O objetivo era entregar a linha pronta e funcionando após a mudança de posição das máquinas, para isso foram tomadas diversas medidas anteriores à mudança como: a convocação de pessoas dos setores de manutenção, ferramentaria e produção; criação e fabricação dos dispositivos e trilhos; aquisição de materiais como fiação, fonte de energia, e outros componentes de máquina, para permitir a possível substituição de algum item que por ventura viesse a quebrar; disponibilização de uma empilhadeira para trocar as máquinas de lugar; impressão do novo layout com as medidas definidas e conferidas no físico; análise da capacidade energética da fábrica, entre outras.

Ao iniciar a produção com o novo layout implantado foram descobertos novos pontos que precisavam de melhoria. Uma equipe foi montada para atender somente as necessidades desta 'nova' linha de produção, e assim novos trilhos, e dispositivos foram sendo fabricados para auxiliar a produção.

A Figura 14 mostra um esboço do novo layout de baixa pressão.



**Figura 14: Novo layout fábrica de reservatórios BP**

### **3.3.1.2 Eliminar transportes manuais**

A fabricação de esteiras e implantação de talhas compõe esta ação, auxiliando tanto em um poka yoke para não gerar mais processo em estoque do que o determinado, quanto na ergonomia em relação à carga e descarga e todo o processo. E dessa forma, o FIFO também é garantido, já que o primeiro tanque que entra será o primeiro a sair pela esteira. Quanto às talhas, estas foram implantadas para diminuir os esforços dos operadores que levantavam os reservatórios com as mãos num alto nível de esforço.

### **3.3.1.3 Unificar testes AP/BP/Especiais**

Os testes da linha de especiais e de alta pressão eram realizados com os tanques em posição vertical, com a unificação estes passaram a ser testados na posição horizontal, do mesmo modo que os reservatórios de baixa pressão, agilizando o posicionamento do reservatório na máquina de teste. Ainda, uniu-se o local dos testes de alta e baixa pressão, facilitando a saída do reservatório do lixamento direto para o teste hidrostático.

### **3.3.1.4 Melhorar ou fabricar dispositivos de fabricação**

A fabricação de dispositivos e matrizes garante que o produto seja produzido dentro das especificações e assim, apresente maior qualidade. Podem-se citar garras que garantam a concentricidade do tubo para a máquina de solda circunferencial e ainda que uma mesma garra possa ser utilizada para todos os produtos desta linha, não necessitando de muitos ajustes para fazer outros produtos.

### **3.3.1.5 Planejar abastecedor de materiais**

Um colaborador foi disponibilizado para fazer a função de abastecedor de materiais para que os outros operadores não saíssem de seus postos de trabalho para buscar componentes e perdessem tempo com movimentações desnecessárias. Assim, o abastecedor é responsável por trazer os componentes dos produtos e das máquinas para os operadores.

### **3.3.1.6 Eliminar problemas crônicos de manutenção**

As máquinas que despendiam muito tempo com manutenções, e conseqüentemente, atrapalhavam a produção, receberam atenção do setor de manutenção e investimentos para funcionarem melhor.

### **3.3.1.7 Elaborar instruções de trabalho e organizar o setor**

Estas ações foram encaminhadas pelo setor de engenharia, que desenvolveu bancadas, carrinhos, painéis de ferramentas, e outras facilitações para os operadores, além de definir método de trabalho, e gestão visual para melhor acompanhamento da produção pelos gestores.

### **3.3.1.8 Reduzir o tempo do processo de lixamento**

As operações de lixamento dependem muito da habilidade manual dos operadores. E é considerado um retrabalho, afinal, se as operações de solda garantissem que não surgissem tantos respingos, ou que estes fossem mínimos, a operação de lixamento levaria apenas um pequeno tempo. Para reduzir este problema, foi incorporado ao processo um novo recurso, o anti-respingo de solda que trouxe benefícios para o processo.

## **3.4 Situação futura**

O mapa da situação futura, Figura 15, contempla o fluxo atual, após as ações do *kaizen* e as novas propostas de *kaizen* em cima desta nova realidade.

Os tempos de processamento do ponteamto de calota, solda circunferencial e ponteamto de acessórios se mantiveram mesmo após as mudanças. Os ganhos nestes processos foram os de ergonomia, e diminuição de estoque em processo.

O tempo da solda de acessórios diminuiu um pouco, sendo por pequenas melhorias como a disponibilização dos acessórios próximos ao local de solda, e carrinhos específicos para cada tipo de reservatório.

No processo de lixamento obtiveram-se ganhos no tempo pelo uso de um anti-respingo de solda.

Neste mapa, observa-se que o maior tempo ciclo está no processo de teste hidrostático. Os tempos de soldagem longitudinal aumentaram, pois a máquina utilizada anteriormente foi substituída por outra automática, que garante maior qualidade ao processo, apesar de mais demorada.

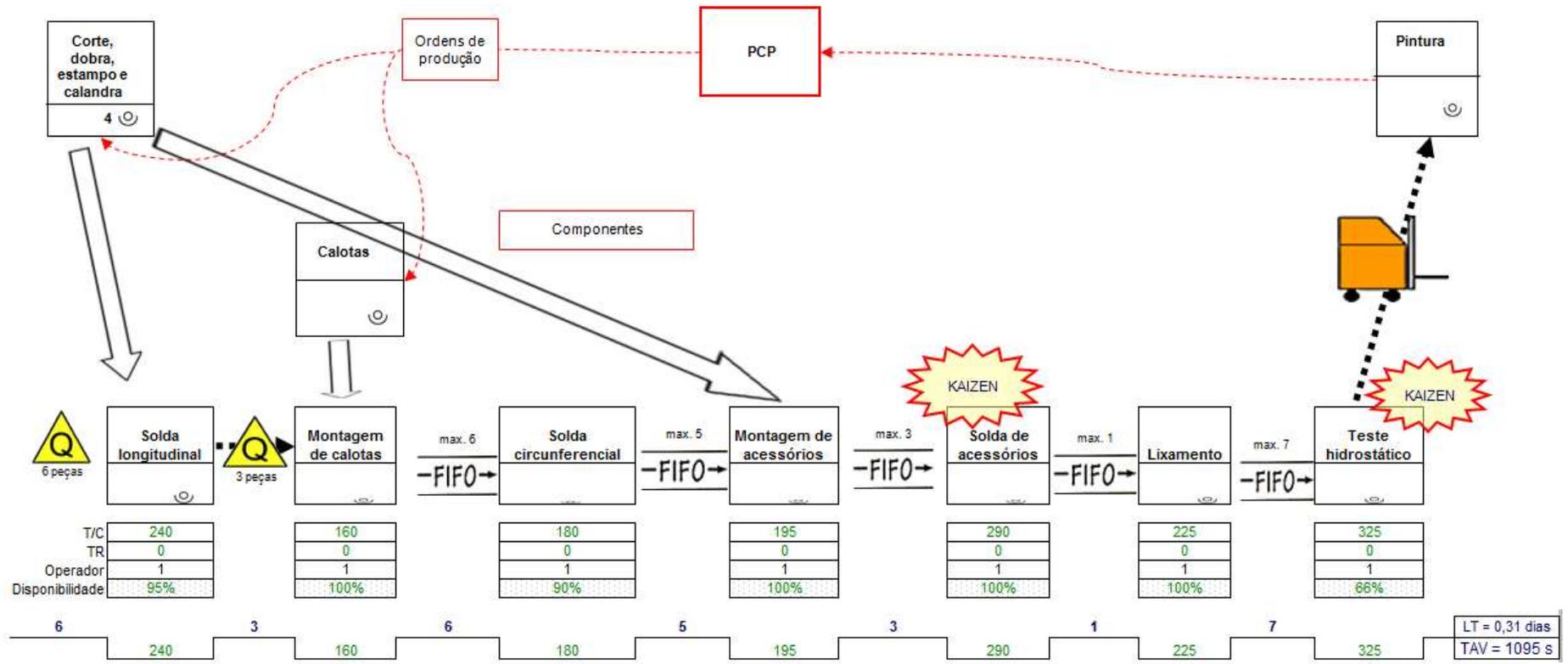


Figura 15: Mapa de fluxo de valor futuro

O tempo de processamento de um produto leva 0,31 dias, e o tempo que realmente agrega valor apenas 1095 segundos.

### 3.4.1 Análise do tempo takt

Com os novos tempos de processo, obtidos pela cronoanálise, decidiu-se por fazer um balanceamento dos processos que estavam acima do tempo *takt*.

A Figura 16 mostra os tempos de ciclo de cada processamento, e a linha do takt de produção. Nota-se que os processos de solda de acessórios e de teste hidrostáticos estão acima deste tempo.

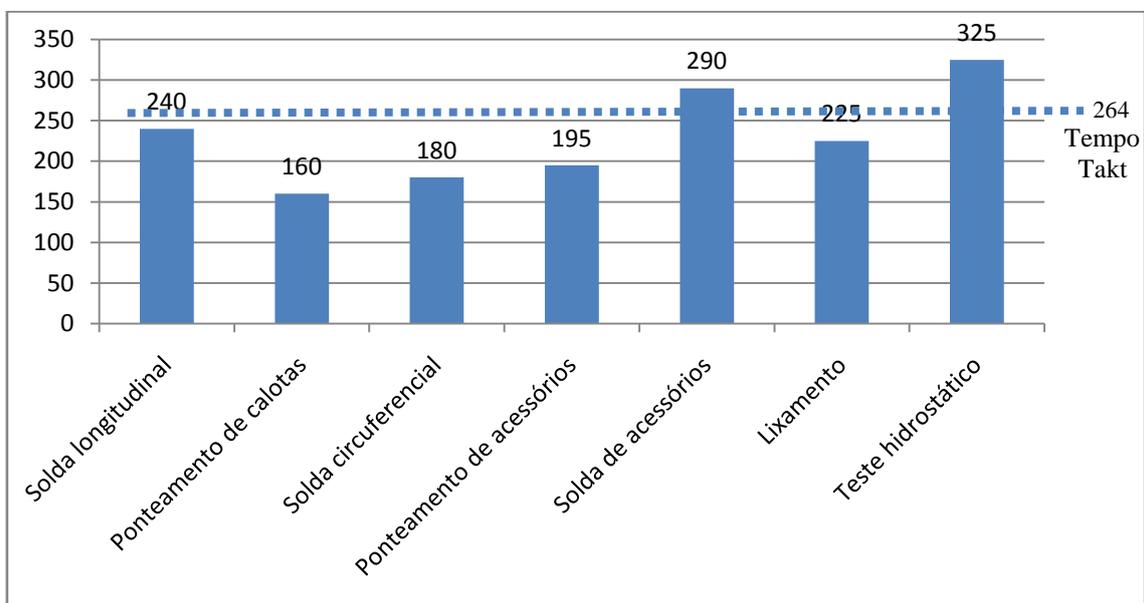


Figura 16: Tempo das operações e linha do tempo takt (s)

Como proposta, sugeriu-se analisar detalhadamente o tempo de operações destes setores, buscando identificar desperdícios, e uma nova definição de métodos de trabalho para os operadores.

O setor de solda de acessórios tem um operador que é responsável por soldar todos os componentes necessários do reservatório.

O setor do teste hidrostático da linha de baixa pressão conta com um operador que utiliza duas das três mangueiras disponíveis na máquina para testar os reservatórios.

### **3.4.1.1 Balanceamento da solda de acessórios**

Para balancear os tempos da solda de acessórios é necessário que as operações de solda de cada item sejam divididas entre os operadores da solda e do ponteamto de acessórios.

A operação de solda de acessórios contempla a solda de: bases, pés, niples, luvas e purgador. As soldas das bases e dos pés são mais simples, por serem em linha reta, e as soldas dos niples, luvas e purgador mais trabalhosas e, conseqüentemente, demoram mais tempo.

Portanto, na divisão de operações de balanceamento, o ideal é que o operador responsável por pontear os acessórios, também soldasse os pés e bases, de modo que apenas as soldas de niples, luvas e purgador fossem feitas no posto de trabalho de solda completa.

Para realizar a solda completa é necessário que o operador tenha uma qualificação especial em soldagem.

### **3.4.1.2 Balanceamento do teste hidrostático**

Na atividade do setor de teste hidrostático de baixa pressão existe um tempo ocioso do operador, devido às atividades de enchimento, pressurização e esvaziamento do reservatório, e, assim as operações manuais do outro reservatório podem ser executadas nestes intervalos de tempo.

A sugestão do balanceamento foi de fazer com que o operador testasse um reservatório a mais entre os tempos de espera destes dois reservatórios que já eram testados normalmente no ciclo, conforme mostra a Figura 17, ocupando assim, 100% da capacidade da máquina.

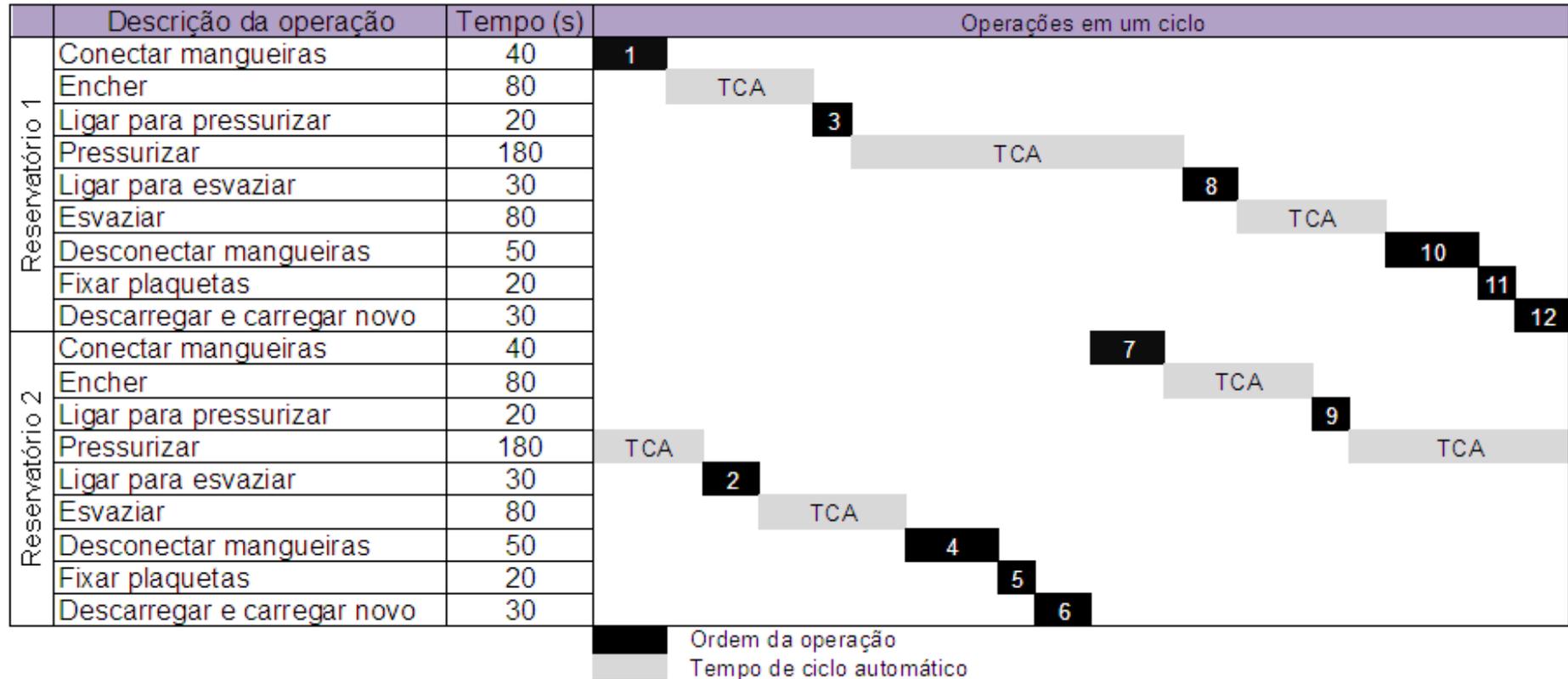


Figura 17: Detalhamento de um ciclo do teste hidrostático

Após o destrinchamento e análise dos tempos das operações neste posto de trabalho, concluiu-se que não é possível que apenas um operador execute as operações de teste dos três tanques neste posto de trabalho. Pois, o tempo ciclo do operador supera o tempo de espera das atividades de enchimento, pressurização e esvaziamento.

Portanto, restam como estratégias adicionar outro operador à linha ou criar novos dispositivos para facilitar o processo de teste hidrostático e assim diminuir o tempo da operação, possibilitando o teste de três reservatórios em um ciclo dentro do tempo takt.

### **3.5 Resultados e discussões**

O *kaizen* trouxe melhoras significativas para o setor produtivo, melhorando o fluxo dos estoques em processo, a movimentação de materiais, ergonomia, disponibilidade de componentes e layout em linha.

E de acordo com a análise dos índices coletados da empresa do trimestre anterior ao *kaizen* e do trimestre posterior ao *kaizen*, tem-se que:

- A quantidade de produtos produzidos aumentou em 9,76%;
- A eficiência produtiva se manteve;
- O índice de refugo caiu em 80,00%;
- E o índice de retrabalho aumentou em 33,00%.

O aumento da produção de reservatórios deveu-se às melhorias implantadas. A eficiência se manteve igual porque a meta anterior ao *kaizen* era menor do que a meta estabelecida após o *kaizen*.

Houve uma queda na quantidade de produção e aumento de retrabalhos e refugos no primeiro mês após o *kaizen*, isso pode ter sido ocasionado pela adaptação dos operadores às mudanças em seus postos de trabalho. Nos outros dois meses estes índices diminuíram. Também porque aconteceram as melhorias relacionadas à manutenção das máquinas, e estas passaram a não mais danificar os produtos.

Ainda, com toda a coleta de dados e transformação destes em informações, o analista de processo deste setor tem em mãos um detalhamento de informações do processo bastante robusto e acurado para tomar decisões.

A análise dos mapas de fluxo de valor atual e futuro mostraram alterações nos tempos de processo após a aplicação do *kaizen*. Os tempos dos processos gargalos diminuíram, e isto implicou positivamente em um aumento da capacidade produtiva.

Vale ressaltar a extrema importância do domínio das informações de tempos de processos para a atuação nos pontos que realmente são gargalo. Neste estudo de caso, os tempos de processo do teste hidrostático apresentaram divergência, e assim, as ações de melhoria para este posto levaram mais tempo para acontecer.

#### 4. Considerações finais

A confecção deste trabalho permitiu aplicar o conhecimento teórico adquirido a partir do estudo bibliográfico, e assim enxergar a teoria aplicada na prática. Foi possível sentir as dificuldades da aplicação de conceitos na realidade e a melhora dos processos pela aplicação dos conceitos.

A metodologia *kaizen* provou ser um instrumento bastante útil para descobrir quais os problemas contidos no processo produtivo, e, definir as prioridades e níveis de cada problema para buscar soluções para estes.

A escolha de uma equipe com integrantes de vários setores contribuiu para um domínio maior de informações e disseminação da cultura de melhoria contínua para os outros setores da empresa.

Com a aplicação do *kaizen* foi possível ver que muitas ações podem ser tomadas com pouco investimento e utilizando os recursos que a empresa já possui. Os melhores ganhos são os relacionados à eliminação de desperdícios, pois, estes não agregam valor ao produto e tem maior representatividade no tempo geral dos processos.

A utilização do mapa mental auxiliou no ordenamento de dados. Onde as prioridades ficaram visíveis e pontuais. Todos os problemas levantados receberam alguma tratativa. No estágio atual, muitos problemas foram resolvidos, e outras soluções de melhorias, que haviam sido sugeridas, estão sendo implantadas de acordo com as oportunidades que surgem. Pois, algumas ações dependem de alguns tipos de recurso como o financeiro, e até mesmo de técnicos especializados, levando um pouco mais de tempo até serem inteiramente implementados.

A aplicação da ferramenta mapa de fluxo de valor foi útil para documentar e possibilitar a visualização do processo como um todo. Esta representação auxilia aos analistas de processo sendo um documento confiável e com informações rápidas para a tomada de decisões e definição de pontos que realmente necessitem de melhoria.

A análise dos indicadores da empresa mostrou que o *kaizen* impactou de forma positiva no setor da fábrica de reservatórios. Cada produto refugado é um reservatório a menos a ser faturado no fim da linha produtiva, além de ser um gasto sem retorno, já que se utilizam de insumos como as máquinas e os operadores. O índice de refugo caiu

drasticamente, gerando economia neste quesito. O índice de retrabalho aumentou, porém, com as ações de recuperação das máquinas, este tende a cair.

Quanto à capacidade produtiva, esta aumentou consideravelmente, uma vez que o processo gargalo diminuiu seu tempo ciclo de operação. A eficiência se manteve, porém, como esta é a porcentagem de produtos produzidos em relação à meta, e a meta foi aumentada, são produzidos mais reservatórios nesta nova condição fabril.

Os indicadores que a empresa utiliza são confiáveis e coerentes. Estes indicadores conseguem representar a realidade da produção e alertar os gestores sobre a necessidade de interferências ou não no processo.

Em contrapartida, os dados das tomadas de tempo anterior ao *kaizen* estavam desatualizados, o que ocasionou numa concentração de esforços maior em processos em que se pensava serem gargalos. Com isso, fica a lição de sempre conferir a fundo a maioria dos dados com a maior precisão possível, a fim de minimizar este tipo de erro.

Particularmente, a maior satisfação em participar de um evento *kaizen* é poder ouvir dos próprios operadores que o ambiente de trabalho deles mudou para melhor devido às ações propostas e executadas.

#### **4.1 Proposta para trabalhos futuros**

Com o desenvolvimento deste trabalho e das melhorias propostas pelo *kaizen* é possível ter uma visão de novos trabalhos a serem executados. Como sugestão de novos trabalhos segue:

- Melhoria no tempo ciclo do teste hidrostático;
- Andamento das atividades de implantação da máquina jato de granalha, e;
- Andamento das atividades de implantação da máquina de solda automática no processo.

## REFERÊNCIAS

- BOVO, Viviani. **Mapas mentais**. <[http://www.idph.com.br/conteudos/artigos/novaeducacao/novaeducacao\\_20020710.php#.UZVT82bYXFA](http://www.idph.com.br/conteudos/artigos/novaeducacao/novaeducacao_20020710.php#.UZVT82bYXFA)>. Acesso em: 16 maio 2013).
- GHINATO, Paulo. **Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção**, In: *Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações*, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife, 2000.
- IMAI, M. ***Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo***. São Paulo: IMAM, 1994.
- IMAI, M. ***Guemba-Kaizen: estratégias e técnicas do Kaizen no piso de fábrica***. São Paulo: IMAM, 2000.
- KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **Mapas estratégicos: convertendo ativos intangíveis em resultados tangíveis**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- LIKER, Jeffrey K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre, RS: Bookman, 2005.
- MARTINS, R.A, NETO, P.L.O.C.(1998). **Indicadores de Desempenho para a gestão pela qualidade total: uma proposta de sistematização**. Revista Gestão e Produção v.5, n.3, p.298-311, dez. 1998.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**; trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- REALI, L.P. **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, São Carlos, 2006.
- ROTHER, M. SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício**. São Paulo. LeanInstitute Brasil, 2003.

SUZAKI, K. **Guia prático para supervisão no chão-de-fábrica**. São Paulo. Instituto IMAM, 2005.

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Departamento de Engenharia de Produção**  
**Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900**  
**Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196**