

## Padronização de Processo na Linha de Montagem de Uma Empresa Multinacional: Um Estudo de Caso

### *Process Standardization on An Assembly Line: A Case Study At A Multinational Machine Manufacturer*

Cassiano Rodrigues Moura<sup>1</sup>, Instituto Federal de Santa Catarina, Dep. de Fabricação Mecânica  
Cristiane Ceratti Nunes<sup>2</sup>, Instituto Federal de Santa Catarina, Dep. de Fabricação Mecânica

#### RESUMO

As empresas têm se preocupado em garantir seu espaço no mercado, isto exige cada vez mais que seus produtos sejam de alta qualidade, e tenham lead time cada vez menores. Uma alternativa para se atingir essa meta é a otimização de seu processo produtivo. Diante disso o objetivo deste trabalho é padronizar o processo de montagem de um grupo de componentes de uma empresa multinacional fabricante de máquinas. A metodologia utilizada nesse estudo é bibliográfica através de *Lean Manufacturing* e Trabalho Padronizado, utilizando como ferramentas para padronização o desenvolvimento do Plano de processo, do Plano de controle e do PFMEA, assim desenvolvendo um novo processo de montagem para os envolvidos. Essas alterações resultaram em uma melhoria no processo de fabricação e montagem do grupo selecionado, reduzindo suas etapas de montagem, custo e lead time, garantindo assim a confiabilidade do processo. Os resultados mostram uma redução de 7% do custo de montagem, o equivalente a R\$14.500,00 nas compras anuais do grupo piloto.

**Palavras-chave:** Trabalho padronizado. Padronização de Processo. PFMEA. Lean Manufacturing

**Editor Responsável:** Prof.  
Dr. Hermes Moretti Ribeiro da  
Silva

#### ABSTRACT

*Companies are concerned about securing their space in the market, and this demands more and more that their products are of high quality, with a smaller and smaller lead time. An alternative to achieve this goal is to optimize your production process. Therefore, the objective of this work is to standardize the assembly process of a group of components in a multinational machine manufacturer. The methodology employed in this study is bibliographic through Lean Manufacturing and Standardized Work, used as tools for the standardization for developing the Process Plan, Control Plan and PFMEA, thus constructing a new assembly process for those involved. These changes resulted in an improvement in the manufacturing and assembly processes of the selected group, reducing its assembly steps, cost and lead time, thus guaranteeing process reliability. The results show a 7% reduction in assembly costs, equivalent to R \$ 14,500.00 less in the annual purchases of the pilot group.*

**Keywords:** Standardized work. Process Standardization. PFMEA. Lean Manufacturing.

1. Rua dos Imigrantes, 445, Jaraguá do Sul, Santa Catarina, cassiano.moura@ifsc.edu.br; 2. cerattinunes@gmail.com; MOURA, C. R.; NUNES, C.C. Padronização de processo na linha de montagem de uma empresa multinacional: um estudo de caso. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 14, n. 2, p. 282 - 300, 2019.

**DOI:** 10.15675/gepros.v14i2.2263

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de montagem nas empresas é uma atividade que deve ser analisada desde o projeto de seus produtos até após sua efetiva montagem, pois isso impacta diretamente no custo do produto, seja em tempo de montagem, forma ou qualidade no processo. É de extrema importância que o projetista leve em consideração o processo de fabricação, matéria-prima e montagem para que não se torne inviável para a empresa a fabricação desse produto. Devido à competitividade do mercado a alta exigência do consumidor por baixo custo com alta qualidade e a alta variação da demanda do mercado, as empresas necessitam ampliar seu portfólio abrindo espaço físico na linha de produção buscando um tempo de montagem reduzido e simplificado.

Para isso as empresas podem utilizar metodologias de projeto orientado possibilitando obter uma grande quantidade de benefícios no conceito de montagem de seus produtos, reduzindo assim os retrabalhos e ajustes no processo de seus componentes.

Uma ferramenta eficiente para aprimorar o processo de montagem é a Padronização de Processo, com ela as empresas podem se aprimorar, aumentando assim sua qualidade e desempenhando a atividade no menor tempo possível. Assim pode-se alinhar a simplificação da estrutura do produto, juntamente com a análise de suas potenciais falhas chegando a um resultado positivo para a empresa, com isso contribuindo para o aumento da competitividade.

Baseado na filosofia *Just-in-time*, o desenvolvimento de documentos em conjunto para melhoria do processo de montagem como Trabalho padrão, FMEA e Plano de controle, seguido do treinamento entre os envolvidos podem minimizar falhas e atrasos na linha de produção. Com isso pode-se desenvolver melhorias para redução das ocorrências de não conformidades, bem como uma análise de viabilidade para substituir componentes montados internamente por produtos manufaturados por terceiros.

Diante do exposto o objetivo deste estudo é analisar o processo de montagem de um conjunto piloto em uma empresa multinacional líder no fornecimento de máquinas e serviços para conversão e empacotamento de papel e posteriormente propor uma alternativa para estabelecer a sua padronização. Baseados nos problemas identificados serão analisados e sugeridos soluções através de ferramentas de trabalho padronizado para obter maior produtividade na linha de montagem.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Produção *Just-in-Time*

Segundo Shingo (1996) *Just-in-time* significa que cada processo deve ser abastecido com os itens necessários, na quantidade necessária, no momento necessário. Seguindo a mesma linha, Liker (2007, p. 43) conceitua o *Just-in-time* como “um conjunto de princípios, ferramentas e técnicas que permitem que a empresa produza e entregue produtos em pequenas quantidades, com lead times curtos, para atender às necessidades específicas do cliente”.

Ohno (1997) ressalta que trabalhar com estoque zero seria o estado ideal, do ponto de vista da gestão da produção, no entanto, é muito difícil de aplicar o *Just-in-time* ao plano de produção de todos os processos de forma ordenada para um produto desenvolvido com muitos componentes, pois o número de processos envolvidos é alto.

Diante destes conceitos pode-se perceber que esta ferramenta busca desenvolver a produção para trabalhar com estoques reduzidos, o que está totalmente de acordo com o objetivo do sistema *Toyota* que procura à eliminação total de toda e qualquer perda no processo produtivo.

#### 2.1.1 Eliminação das perdas

O objetivo principal do Sistema *Toyota* de Produção é a constante perseguição às perdas e sua completa eliminação. Em função do princípio do não-custo que significa a competitividade do mercado através das reduções dos custos com operações e não aumento do valor do produto, as perdas precisam ser eliminadas.

Shingo (1996) escreve sobre a existência de dois tipos de operação que estão divididas entre as que agregam valor, transformando a matéria-prima em componentes ou produtos, aumentando seu valor agregado através da maior eficiência da operação no processamento e as que não agregam valor, consideradas como perdas referindo qualquer atividade que não contribui para as operações reduzindo a eficiência operacional líquida. A partir desse conceito, as operações não-agregadoras de valor devem ser eliminadas para que o aumento da eficiência da operação, como um todo, seja elevado ao índice mais alto possível.

Segundo Ohno (1997) as perdas por superprodução são os piores inimigos, pois ajudam a esconder outras perdas. Shingo (1996) afirma que existem perdas por superprodução quantitativa e perdas por superprodução por antecipação.

Na visão de Liker (2007) as perdas no processamento podem ser por super-processamento ou processamento incorreto, estes seriam passos desnecessários para se processar os produtos. O processamento ineficiente resultante de uma ferramenta ou projeto de baixa qualidade, ocasionando movimento desnecessário e produzindo defeitos também pode ser considerada perda, assim como, quando são oferecidos produtos com qualidade superior à que é necessária. Para Liker (2007) a perda por produtos defeituosos, deve-se à produção de peças defeituosas ou re-trabalho na correção das mesmas. A necessidade de re-trabalhar, descartar ou substituir e inspecionar significa perdas de manuseio, tempo e esforço.

Os movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação resultam nas perdas por movimentação. Conforme Ohno (1997), movimentar-se não significa necessariamente trabalhar, o que denota uma preocupação constante do Sistema Toyota de Produção com a racionalização do trabalho.

## 2.2 Trabalho padronizado

O trabalho padronizado a maneira mais segura, fácil e eficaz de fazer o trabalho que é de nosso conhecimento (PASCAL, 2008). Para Fujimoto (1999) o conceito de trabalho padronizado é uniformizar todas as formas de realizar atividades em todos os processos da empresa. É necessário definir claramente a melhor forma de fazer cada ação de trabalho e a sequência apropriada, utilizando imagens e desenhos para auxiliar na compreensão desse planejamento. Na *Toyota*, esses documentos visuais, o tornam uma ferramenta eficiente para a otimização do trabalho.

Um sistema de padronização cria, utiliza e controla padrões. Posteriormente um sistema de padronização de processos irá determinar a sistemática de ações e como deverá ser o seu direcionamento para o alcance das metas. De acordo com Lucena (2006) esse sistema parte da Identificação da melhoria, seguido da elaboração e aprovação do novo padrão e finalizado pelo treinamento dos envolvidos.

## 2.3 Ferramentas para padronização de processos

### 2.3.1 Plano de processo

De acordo com Monden (1998) o plano de processo é um documento de instrução de trabalho que define os métodos utilizados para execução de uma operação e todos os recursos utilizados para executar aquela operação.

GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 14, n° 2, p. 282 - 300, 2019.

É importante ainda que este mostre esboço, fotos dos percursos e procedimentos utilizados, descrevendo as atividades padronizadas para chegar ao encerramento do trabalho. Os Planos de Processo são emitidos pelo planejamento e, em seguida, são constantemente revistos e atualizados. Eles devem ser afixados na linha de montagem de forma a ser visíveis por fora para o controle da observação dos padrões (VILELA, 2007).

### 2.3.2 Plano de controle

O plano de controle é um documento que auxilia no processo produtivo e deve listar as ferramentas necessárias, os meios de testes e os meios de produção contendo o esboço e fotos do percurso (VILELA, 2007). Planos de controle são descrições por escrito dos sistemas de controle de peças e processos. O Plano de controle descreve as ações necessárias para cada fase do processo, incluindo o recebimento, o processo propriamente dito e seus resultados, e os requisitos periódicos para assegurar que todos os *outputs* do processo estejam sobre controle. (MOURA, 2008).

### 2.3.3 – FMEA e PFMEA

Análise FMEA (Análise do modo de efeito e falha) segundo Piluski (2015) é uma metodologia que tem por objetivo avaliar e minimizar riscos por meio da análise das possíveis falhas o que inclui a determinação da causa, efeito e risco de cada tipo de falha, seguido da implantação de ações para aumentar a confiabilidade do produto ou processo (HELMAN; ANDERY, 1995; AKURADA, 2001). Existem basicamente dois tipos de FMEA, o de projeto e o de processo, ambos têm os mesmos questionamentos direcionados a sua finalidade que são “Como esse projeto/processo pode deixar de fazer o que deve fazer” e “O que devemos fazer para prevenir essas falhas potenciais”.

O FMEA de Projeto é utilizado quando o detalhamento do projeto está disponível, ele envolve análise de causas específicas das falhas em componentes individuais. (ROMEIRO FILHO 2010).

O FMEA de Processo (PFMEA - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos no Processo) é uma ferramenta para prognóstico de problemas que consiste em um procedimento para desenvolvimento e execução de processos ou serviços. Ela pode ser utilizada para analisar processos de fabricação e montagem, conduzidos quando o processo de produção já

está definido. Ele também pode ser aplicado para analisar problemas de qualidade relacionados ao processo produtivo. (ROMEIRO FILHO, 2010; DAILEY, 2004).

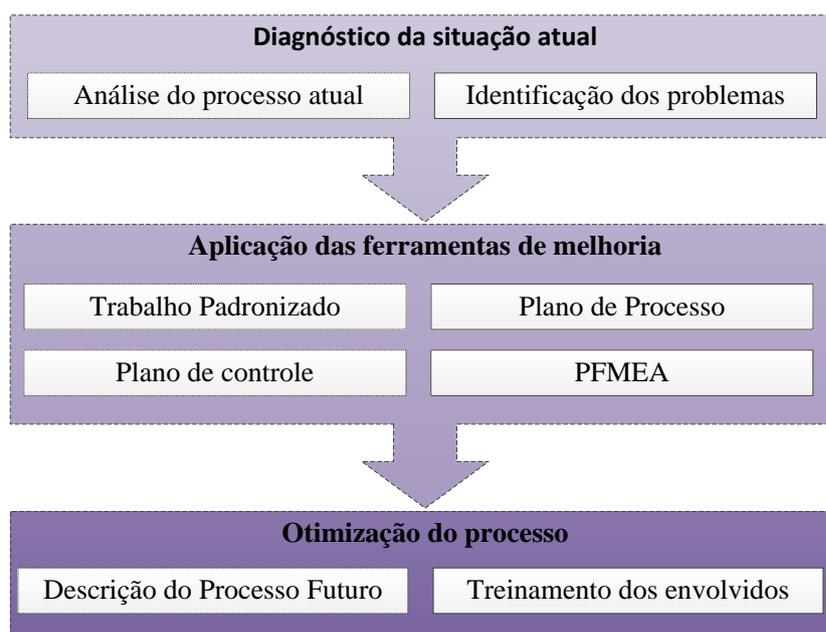
Através da análise PFMEA pode-se realizar a prevenção ou mitigação de problemas, identificando soluções eficientes para gerar benefícios para as organizações, considerando baixo custo em uma análise estruturada de avaliação (MINTZBERG; AHLSTRAND; LAMPEL, 2000).

De acordo com Coelho e Pierre (2015) a análise PFMEA se mostrou uma ferramenta ágil para o ganho de eficiência no processo, através da redução dos tempos de montagem, proveniente da implementação de melhorias encontradas nas análises e da incorporação de habilidades, valores e conhecimento da equipe durante sua aplicação.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho é bibliográfica seguida de pesquisa-ação, com aplicação prática em um estudo de caso. A Figura 1 apresenta o fluxo metodológico aplicado. Pode-se observar que a etapa inicial é o diagnóstico da situação atual da empresa, na sequência é realizada a aplicação das ferramentas de melhoria e por fim é desenvolvida a otimização do processo.

Figura 1 - Fluxo metodológico adotado neste trabalho.



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

A primeira etapa consiste na análise do processo atual, onde é realizado um diagnóstico da real situação da empresa em estudo, a fim de identificar os principais problemas em sua linha de montagem, como retrabalho, tempo de processo, problemas de montagem e logística.

Baseados nessas dificuldades foram aplicados conceitos de *Lean manufacturing*, procurando desenvolver a padronização e redução de número de componentes na linha de montagem. Na sequência foram aplicadas as ferramentas de melhoria onde foram desenvolvidos os seguintes documentos do Trabalho padronizado: Plano de Processo, o Plano de Controle e a análise PFMEA. Por fim foi realizada a otimização do processo, onde foi descrito o processo futuro.

## 4. ESTUDO DE CASO

### 4.2 Diagnóstico da Situação atual

#### 4.2.1 Análise do processo

O equipamento piloto analisado neste trabalho é uma máquina para produção de *tissue*, termo utilizado nas empresas produtoras de papel higiênico ou toalha. Ele pode ser considerado de grande porte, após sua montagem completa ele possui cerca de 72.000 itens separados em 12 grupos, conforme se pode observar na Tabela 1, onde são apresentados os sub-sistemas de cada grupo, bem como o percentual de cada componente em relação ao equipamento.

Tabela 1 – Sistemas, subsistemas e componentes do equipamento.

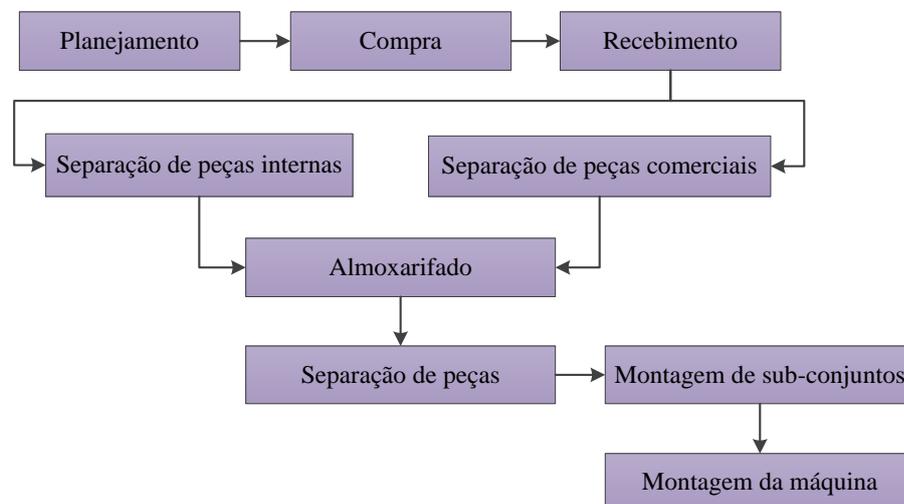
Nº	Grupos	Sub-sistemas	Componentes	%
1	Desenrolador externo	22	1.793	3%
2	Desenrolador interno	28	2.345	3%
3	Gofrador	62	6.745	9%
4	Rebobinadeira	70	14.447	20%
5	Caixa de tubetes	17	2.804	4%
6	Tubeteira	18	2.580	4%
7	Colador	20	3.100	4%
8	Acumulador	23	9.092	13%
9	Descarregador de log	14	1.667	2%
10	Cortadeira	46	5.247	7%
11	Empacotadeira	38	18.298	26%

12	Enfardadeira	47	2.975	4%
<b>TOTAL</b>		<b>405</b>	<b>71.093</b>	

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

O item nº 10 (cortadeira) possui cerca de 5.200 componentes separados em 46 grupos, representando 7% do total do equipamento. Dois de seus grupos são analisados neste trabalho. Cada um destes possui diversos componentes que estão dispostos em sub-grupos. Neste trabalho serão analisados o sub-grupo “Rebolo Pulsar Interno” e o sub-grupo “Rebolo Pulsar Externo”. Atualmente o processo de montagem é realizado pela empresa em diversas etapas, conforme pode-se observar na Figura 2. Ele se inicia no planejamento e compra das peças comerciais e fabricadas, as quais possuem *lead times* diferentes. Na sequência é realizada seu recebimento, separação e direcionamento aos seus respectivos almoxarifados. Quando o projeto está no período de montagem às peças são separadas em grupos e direcionadas à montagem do conjunto que depois de concluída é montado ao equipamento.

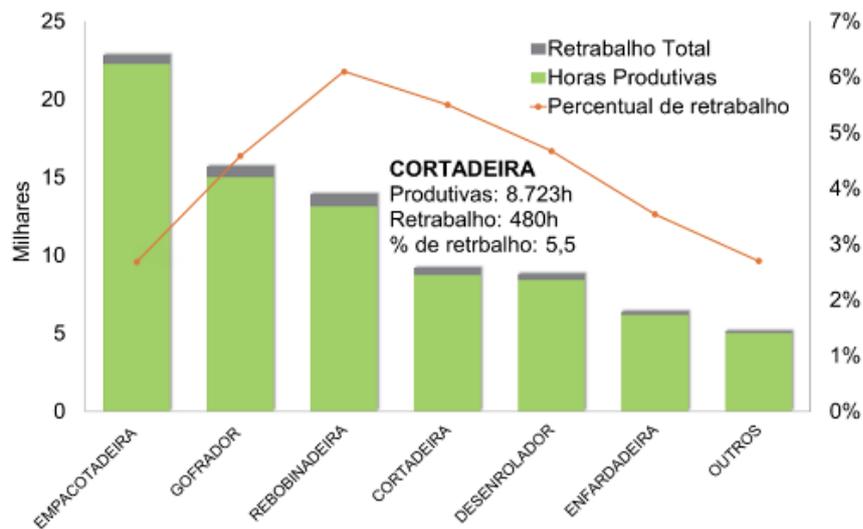
Figura 2 - Fluxograma do Processo de Fabricação e montagem do sub-grupo em estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

A Figura 3 apresenta um comparativo das horas trabalhadas e retrabalhos em cada sistema do equipamento. Pode-se observar que a Cortadeira possui 8723 horas trabalhadas sendo que 5,5% destas são de retrabalho. Importante destacar que a cortadeira é um item representativo para o equipamento ocupando o 4º lugar em número de horas trabalhadas no equipamento, conforme se pode observar na Figura 3.

Figura 3 - Total de horas produtivas x retrabalhos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

#### 4.2.2 Identificação dos problemas

A partir do diagnóstico da situação atual pode-se identificar os seguintes problemas no processo de montagem da empresa:

- a) Conjuntos sendo comprados em peças separadas para posterior montagem interna, gerando aumento do tempo de montagem e comprometendo o fluxo logístico;
- b) A inexistência do processo de montagem documentado dificulta o desenvolvimento de compra externa devido ao conhecimento do processo de montagem ser dominado apenas pelos atuais montadores e como não há instrução de trabalho se torna difícil desenvolver um fornecedor ou até mesmo um novo montador interno;
- c) O conjunto montado Grupo Rebolo Pulsar tem seu tempo de montagem comprometido devido aos retrabalhos e ajustes de montagem ocasionando atraso na produção. Seu tempo de montagem é de 1h, porém pode ter sua montagem interrompida, devido a desvios nas tolerâncias, sendo que em alguns casos algumas peças são devolvidas ao fornecedor para o processo de ajuste;
- d) Necessidade de ajustes em alguns componentes para conclusão do processo de montagem;
- e) Alto índice de retrabalho em diversos componentes, comprometendo a eficiência do processo.

### 4.3 Aplicações das ferramentas de melhoria

#### 4.3.1 Desenvolvimento do Trabalho Padronizado

Para seleção dos itens a serem analisados e padronização a montagem do conjunto piloto foi utilizado o seguinte critério: grupos que tenham retrabalhos em sua linha de montagem, mas que tenham um número considerável em volume de venda.

A Tabela 2 apresenta o volume de vendas por retrabalho em 2017. Observa-se que os itens 3 e 4 (grupos não analisado neste trabalho) possuem o maior percentual de retrabalhos (6,1%) porem possuem um baixo volume de vendas. Já os itens 1 e 2 que são analisados neste trabalho possuem um volume anual considerável.

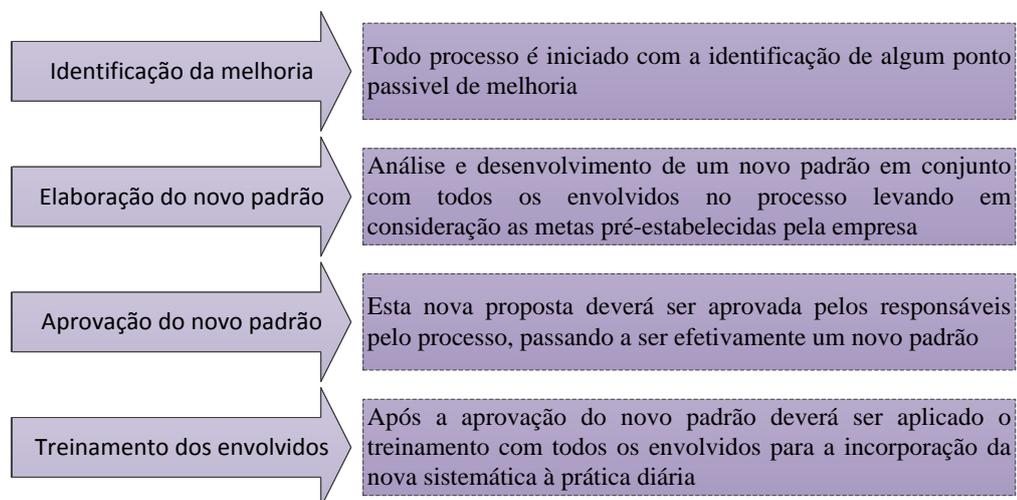
Tabela 2 – Volume de venda x retrabalho.

Item	Grupo	Volume anual (pç)	Equipamento	% de retrabalho
1	Rebolo Pulsar int.	50	Cortadeira	5,5
2	Rebolo Pulsar ext.	50	Cortadeira	
3	Punção esquerdo	6	Rebobinadeira	6,1
4	Punção direito	6	Rebobinadeira	

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

O processo de compra de componentes foi alterado, passou-se a comprar os grupos pré-montados, otimizando seu processo de montagem e minimizando suas possíveis falhas. A sistemática de alteração e padronização pode ser observada na Figura 4.

Figura 4 - Sistemática de alteração de padrões.



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

### 4.3.2 Plano de Processo

A coleta dos dados para desenvolvimento do Plano de Processo foi realizada durante o turno de trabalho observando a montagem do Grupo. Foi realizado o registro de fotos e apontamento do desenvolvimento do processo de montagem. A Figura 5 ilustra um exemplo do documento de Plano de Processo desenvolvido que contém informações que descrevem o planejamento de montagem padrão, onde pode-se observar informações como:

- a) Detalhamento da montagem do conjunto, códigos e fotos dos componentes;
- b) Descrição (O que?) - Qual é o processo naquele momento da montagem e quais peças serão montadas;
- c) Ponto-chave (Como?) - Como será a união das peças e que ferramentas utilizar;
- d) Motivo (Por que?) - Por que executar a montagem da maneira estabelecida.

Figura 5 – Exemplo do Plano de processo desenvolvido.

FOLHA DE ELEMENTOS		Grupo	Folha	CODIGO DDC
		224981-001 GR. REBOLO "PULSAR 200" LVRE EXT. 224579-001 GR. REBOLO "PULSAR 200" LVRE INT.	1	XXXXX
Descrição (O que?)	Ponto Chave (Como?)	Motivo (Por que?)		
Testar montagem dos cilindros 224398 (ext) e 224390(int) na a fim de checar se a rosca está placa Mãe 394735 nas duas dando montagem da peça na posições, frente e verso	Montagem manual	É importante que seja identificada a posição de montagem dos cilindros interno e externo para não ocorrer falha na montagem.		
Montar anel o ring 20505901 - 2 unidades em cada cilindro	Montagem manual	Para evitar vazamentos		
Verificar montagem da camisa e bucha se estão montando sem interferência. Montar camisa do reator 224385, bucha 21171696 e bucha 21171693 nos cilindros	Utilizar martelo de nylon e DU deve estar bem no final. Utilizar auxilia na montagem	As buchas e camisa devem estar montando sem interferência de forma que o conjunto possa efetuar o movimento de "pulsar" com êxito.		

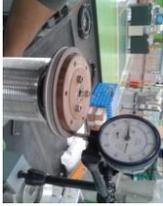
Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

### 4.3.3 Plano de Controle

Para desenvolvimento do Plano de Controle foram coletados os dados na etapa final da montagem, onde se faz o teste dos dispositivos do equipamento. Foram registradas fotos e apontados os detalhes para execução destes testes a fim de garantir que o conjunto esteja executando perfeitamente sua finalidade. A Figura 6 ilustra um exemplo do documento de Plano de Controle desenvolvido, este contém as seguintes informações:

- a) Características das operações: Descrever processo, realizar detalhamento de atividades;
- b) Descrições das operações: Especificações, tolerâncias, ferramentas e outros;
- c) Croqui de montagem: Inserir imagens que representem os testes a serem realizados.

Figura 6 – Exemplo do Plano de controle desenvolvido.

Elaborado por: XXXXX		Revisado/Aprovado por: XXXX		Data: 30.05.2016		Revisão: 0		<p style="text-align: center;"><b>PLANO DE CONTROLE</b></p> <p style="text-align: center;">GR. REBOLO "PULSAR 2001"</p>						Grupo	
														Folha Nº	Código DOC
PLANO DE REAÇÃO:		Grupo cortadeira		Operação		AMOSTRA		CROQUI DA OPERAÇÃO							
Teste nivelamento rebolo		Teste pulsar dos cilindros		Nome do processo		FREQÜÊNCIA		CROQUI DA OPERAÇÃO							
Relógio comparador		Relógio comparador		Ar pressurizado		TAM		CROQUI DA OPERAÇÃO							
C		B		A		FREQÜÊNCIA		CROQUI DA OPERAÇÃO							
Item		Item		Item		FREQÜÊNCIA		CROQUI DA OPERAÇÃO							
CARACTERÍSTICA		CARACTERÍSTICA		CARACTERÍSTICA		FREQÜÊNCIA		CROQUI DA OPERAÇÃO							
Processo		Processo		Processo		FREQÜÊNCIA		CROQUI DA OPERAÇÃO							
ESPECIFICADO		ESPECIFICADO		ESPECIFICADO		FREQÜÊNCIA		CROQUI DA OPERAÇÃO							
RESPONSÁVEL		RESPONSÁVEL		RESPONSÁVEL		FREQÜÊNCIA		CROQUI DA OPERAÇÃO							
MÉTODO DE CONTROLE		MÉTODO DE CONTROLE		MÉTODO DE CONTROLE		FREQÜÊNCIA		CROQUI DA OPERAÇÃO							
TAM		TAM		TAM		FREQÜÊNCIA		CROQUI DA OPERAÇÃO							
Passar relógio comparador no suporte rebolo montado. Obs: Trocar de lado o rebolo caso esteja variando muito e os parafusos devem ser apertados uniformemente		Passar relógio comparador no suporte rebolo		Testar cilindro para verificar se o conjunto está pulsando		1									
(aceitável 0,06)		(aceitável 0,02)		Ar pressurizado		1									
Montador e inspetor de qualidade		Montador e inspetor de qualidade		Montador e inspetor de qualidade		1									
Medidas do equipamento de medição		Medidas do equipamento de medição		Visual		1									
1		1		1		1									
Todo final de montagem de cada grupo e pela qualidade no seu recebimento.		Todo final de montagem de cada grupo e pela qualidade no seu recebimento.		Todo final de montagem de cada grupo e pela qualidade no seu recebimento.		Todo final de montagem de cada grupo e pela qualidade no seu recebimento.									

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

#### 4.3.4 Desenvolvimento do PFMEA

Para elaboração deste documento foram coletados os dados do processo de na montagem do grupo em estudo. Esta etapa foi realizada em conjunto com os montadores e a

equipe de controle de qualidade, com isso pode-se montar o documento PFMEA, conforme mostra a Figura 7. Pode-se observar neste documento que as principais falhas apontadas foram relacionadas às funções:

- a) Montagens de anéis;
- b) Montagem de camisa;
- c) Montagem de cilindro e placa mãe.

Figura 7 – Análise FMEA desenvolvida.

EMPRESA: XXXXX		FMEA - Análise do Modo e Efeito de Falha							Data: 23/01/2017		
Local: XXXXX		Setor: Montagem		xxxxxxxxx			Sistema: xxxxx	Equipamento: xxxxxx			
Processo	Função do componente	Possíveis Falhas			Controle Atual	Índices			NPR	Ações Preventivas	
		Modo(s)	Efeito(s)	Causa(s)		S	O	D		Recomendada	Adotada
Montagem Cilindros	Montar os cilindros 224398 (ext) e 224390 (int) na Placa Mãe 394735 nas duas posições, frente e verso.	Montagem incorreta, posição invertida	Falha na montagem	Não há identificação orientando a correta montagem dos cilindros.	Não há	4	6	6	144	Fazer identificação nas tampas conforme indicado nos desenhos 394948 (ext) e 394947 (int)	
	Montar 2 anéis O'ring 20505901 em cada cilindro	Anel montado fora de posição	Vazamentos	Montagem manual, sem ferramenta padronizada.	Visual	6	#	7	420	Descrever no Trabalho padronizado montagem e verificação	Descrição da montagem e verificação
	Montar Camisa do Retentor 224385, Bucha DU 21171696 e Bucha DU 21171633 nos cilindros	Montagem com interferência excessiva	Impossibilita o movimento correto de pulsar do conjunto	Dimensional do corpo cilíndrico fora de especificação	Teste de montagem	7	#	2	140	Utilizar martelo de Nylon e dispositivo para montagem e revisar processo de fabricação dos componentes	direcionamento dos itens fabricados a um único fornecedor para fazer os ajustes de montagem
		Montagem incompleta da camisa na bucha	Vazamentos	Montagem com interferência excessiva	Visual	6	#	7	420		
Utilizar eixo porta mola 224393 (int) e 224399 (ext) para aliviar as tensões das buchas 21171696 e 21171633	Buchas com tensões	Interferência na montagem final	Não realizar as batidas ao entorno das buchas com macete de Nylon	Teste de montagem manual	7	#	2	140	—	—	

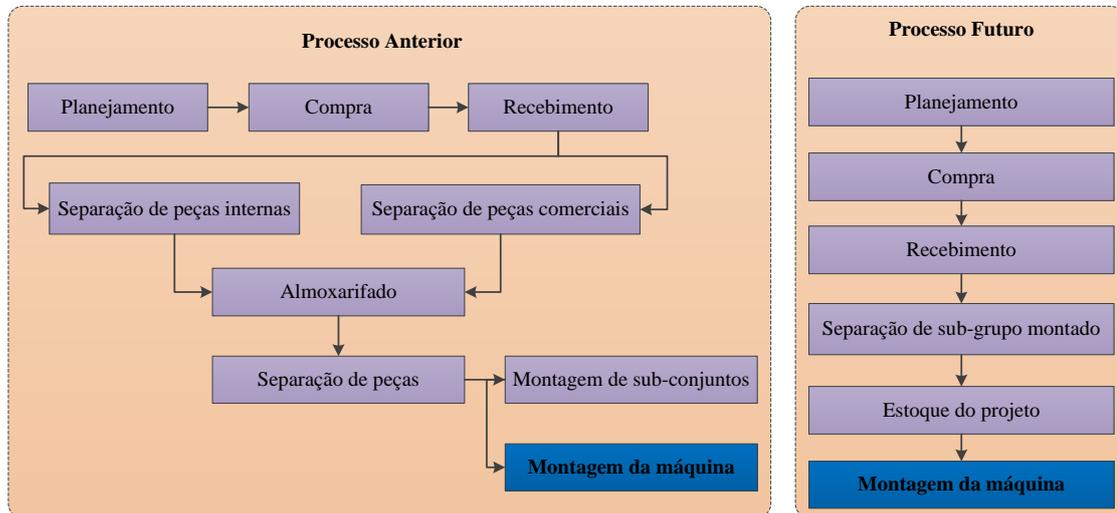
Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Os montadores identificaram durante o processo de montagem as possíveis falhas que poderiam ocorrer. A equipe de qualidade acompanhou e auxiliou com conhecimento técnico apontando os devidos cuidados a serem tomados durante as etapas de montagem.

#### 4.3.5 Descrição do processo futuro

Com a implantação do processo padronizado as atividades da empresa sofrem algumas alterações, a Figura 8 apresenta um comparativo entre o processo anterior de montagem e o novo adotado pela empresa. O fluxo se inicia no planejamento e compra do sub-grupo montado, seguido do seu recebimento, separação e direcionamento ao estoque do projeto para ser montado no equipamento em seu devido período.

Figura 8 – Comparativo do fluxo do processo de fabricação e montagem.



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

#### 4.3.6 Treinamento dos envolvidos

Com os documentos de padronização de processo desenvolvidos a empresa pode treinar seus operadores e terceiros, para efetuarem seu processo de montagem com eficiência. Para dar início ao novo fluxo os montadores e fornecedores foram treinados para realizarem a montagem conforme novo processo. O treinamento dos montadores foi realizado na linha de montagem pelo responsável do setor. O treinamento dos fornecedores foi realizado em duas etapas:

- a) Na linha de montagem junto aos montadores já treinados, exemplificando o processo;
- b) No fornecedor, sendo observada a montagem e certificando-se de que existam ferramentas adequadas e espaço específico para a realização da montagem dos grupos.

Com isso pode-se proceder à homologação do processo, tornando os documentos desenvolvidos padrão de referência para os outros componentes.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento do processo de trabalho padronizado reduziu etapas de recebimento, almoxarifado e montagem. O grupo atualmente é tratado como um item, necessitando de menos procedimentos internos para direcioná-lo à montagem. Os grupos analisados passaram a ser comprados montados o que gerou o fim dos retrabalhos destes

componentes. O processo de montagem foi desenvolvido no fornecedor para que seja realizado conforme o novo padrão, onde ele é ajustado e testado, chegando à linha de montagem pronto para ser montado ao equipamento.

Com o trabalho padronizado desenvolvido foi possível criar uma fonte de fornecimento melhor qualificada para fabricação do conjunto a um menor custo, porém com melhor qualidade. A Tabela 3 apresenta um comparativo do custo para montagem interna e a montagem por fornecedor externo. O orçamento foi realizado em três fornecedores distintos, considerando um volume anual de 50 unidades do equipamento e posteriormente comparado ao custo de montagem interna.

Tabela 3 – Comparativo do custo de montagem.

Compra de sub-conjuntos						
Item	Fornecedor A			Custo interno	Variação	Diferença
	A	B	C			
Rebolo pulsar externo	R\$ 2.430,00	R\$ 2.268,00	R\$ 2.075,00	R\$ 2.220,00	7%	R\$ 145,00
Rebolo pulsar interno	R\$ 2.430,00	R\$ 2.268,00	R\$ 2.075,00	R\$ 2.220,00	7%	R\$ 145,00
Total	R\$ 4.860,00	R\$ 4.536,00	R\$ 4.150,00	R\$ 4.440,00		

Comparativo de custo anual			
Volume 50 unidades/ano	Custo interno	R\$	222.000,00
	Custo externo	R\$	207.500,00
	Variação		-7%
	Diferença anual	R\$	14.500,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Conforme pode-se observar na Tabela 7 o custo de produção para a montagem externa é 7% menor que o custo para montagem interna. Esse cálculo foi realizado comparando o custo do fornecedor C, que é o orçamento de menor valor, com o custo de montagem interna, resultando em uma diferença de 7%, ou seja, R\$145,00 menor por peça. No montante das compras anuais isso representa uma redução de R\$ 14.500,00 considerando o volume de 50unidades/ano.

## 6. CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou desenvolver uma sistemática de ações para a padronização do processo de fabricação e montagem em uma empresa líder no fornecimento de máquinas e

equipamentos. Durante a análise do processo atual foram identificados alguns pontos de melhoria. Estes foram tratados através de ferramentas do trabalho padronizado.

Para garantir que o conjunto de peças do equipamento realizasse sua função com eficiência foram desenvolvidos documentos como Plano de processo, Plano de Controle e PFMEA para a padronização do processo de montagem. Com isso foi possível desenvolver novas fontes de fornecimento para o conjunto montado e eliminando os retrabalhos que existiam na montagem dos componentes quando comprados separados.

Após o rearranjo do processo de montagem o conjunto piloto passou a ser comprado externamente, o qual será entregue já montado e testado, com um custo 7% menor do que fabricado internamente. O processo foi desenvolvido no fornecedor reduzindo as horas de retrabalho e custos adicionais dos problemas de montagem. É importante salientar a necessidade de se aplicar mais repetições no processo, com o objetivo de desenvolver uma análise estatística para comprovar esses resultados com mais propriedade e assim possuir mais compreensão para as tomadas de decisões.

O resultado da padronização de processo, juntamente com a compra do conjunto montado otimizaram o tempo de montagem e a mão de obra já que o conjunto chega finalizado e testado na linha de montagem. Como se pode observar o trabalho de montagem mudou de operador, da fábrica compradora ao fornecedor, o que contribuiu para diminuir o custo de montagem. Esse ganho pode ser garantido no processo de compra e venda, uma vez que os preços do fornecedor se mantenham os mesmos. Além disso, podem-se observar ganhos em espaço físico e custo, garantido assim um processo eficiente com maior agilidade na reposição das peças aos clientes.

Por fim pode-se concluir que as ferramentas utilizadas, quando aplicadas em conjunto, contribuem para melhoria do processo de forma acumulativa, sendo que elas se interagem entre si buscando a otimização de todos os ciclos nas atividades de montagem.

## Referências

COELHO, F.; PIERRE, F. C. Uso da metodologia PFMEA como vantagem competitiva para a análise de melhorias em um processo experimental. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v.10, n. 4. p. 101-119, 2015.

DAILEY, K. W. **The FMEA pocket handbook**. DW Publishing Co.: 2004. 40p.

FUJIMOTO, T. **The evolution of a manufacturing system at Toyota**. New York: Oxford University Press, 1999.

HELMAN, H.; ANDERY, P.R.P. **Análise de Falhas: aplicação dos métodos FMEA e FTA**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, p.25-43,133-136, 1995.

LIKER, J. K; MEIER, D. **O Modelo Toyota: manual de aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007. 432 p.

LUCENA, R. L. A padronização de processos operacionais como instrumento para a conversão do conhecimento tácito em conhecimento explícito: estudo de caso na indústria têxtil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 26. 2006. **Anais...** ENEGEP, Fortaleza, CE, 2006.

MINTZBERG, H., AHLSTRAND, B., LAMPEL, J. **Safári de estratégia: um roteiro pela selva do planejamento estratégico**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

MONDEN, Y. **Toyota Production System: an integrated approach to just in time**. 3. ed. Norcross: Engineering and Pressure, 1998.

MOURA, E. **Planejamento Avançado da Qualidade do Produto e Plano de Controle**. (APQP). 2 ed, Panambi, RS, 2008

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre, Bookman, 1997. 150 p.

PASCAL, Dennis. **Produção Lean Simplificada**. Editora Bookman, 2008.

PILUSKI, A. **FMEA Failure modes and effects analysis**. Curitiba, Qualimaster, 2015.

ROMEIRO, F. E.; VASCONCELLOS, F. C.; PEREIRA G. R.; MANFREDI, N. R.; AUGUSTO, C. M. P. **Projeto do Produto**. São Paulo, Editora Elsevier. 2010.

SAKURADA, E. Y. **As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos**. 150f. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2001.

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

VILELA, R.M. **Kaizen para a implementação da montagem padronizada na indústria automobilística.** 79f. 2007. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, MG, 2007.