



Campinas

CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ESTUDO E ACOMPANHAMENTO DAS MELHORIAS
REALIZADAS EM UMA DETERMINADA LINHA DE
MONTAGEM DA WABCO FREIOS DO BRASIL LTDA**

Bruno Felipe Paffaro

Campinas/SP – Brasil
Dezembro de 2010



Campinas

CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ESTUDO E ACOMPANHAMENTO DAS MELHORIAS
REALIZADAS EM UMA DETERMINADA LINHA DE
MONTAGEM DA WABCO FREIOS DO BRASIL LTDA**

Bruno Felipe Paffaro

Monografia apresentada à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia de Produção da Universidade São Francisco, sob a orientação do Prof. Ms. José Roberto Quaglia, como exigência parcial para conclusão do curso de graduação.

Orientador: Prof. Ms. José Roberto Quaglia

Campinas – São Paulo – Brasil
Dezembro de 2010

ESTUDO E ACOMPANHAMENTO DAS MELHORIAS REALIZADAS EM UMA
DETERMINADA LINHA DE MONTAGEM DA WABCO FREIOS DO BRASIL LTDA

Bruno Felipe Paffaro

Monografia defendida e aprovada em 09 de Dezembro de 2010 pela **Banca Examinadora** assim constituída:

Prof Ms José Roberto Quaglia (Orientador)

USF – Universidade São Francisco – Campinas – SP.

Prof Ms Maira de Lourdes Rezende

USF – Universidade São Francisco – Campinas – SP.

Prof Ms Emilio Gruneberg Boog

USF – Universidade São Francisco – Campinas – SP.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente ao Professor José Roberto Quaglia, meu orientador, que acreditou em mim e incentivou-me para a conclusão deste trabalho, face aos inúmeros percalços do trajeto.

Agradeço também ao Professor Emilio Gruneberg Boog, um companheiro de percurso e de discussões profícuas, dentro e fora do contexto deste trabalho, agraciando-me incontáveis vezes com sua paciência, conhecimento e amizade.

Agradeço meus pais e minha namorada por todo o apoio durante o período de universidade, que foi um longo período da minha vida.

E finalmente agradeço a todos que me ajudaram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho.

Sumário

1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	9
1.1. A EMPRESA.....	9
1.1.1. SEGURANÇA	10
1.1.2. SEGURANÇA NO LOCAL DE TRABALHO	11
1.1.3. MEIO AMBIENTE.....	12
1.1.4. CERTIFICAÇÕES ISSO.....	13
1.2. SITUAÇÃO PROBLEMA	14
1.3. OBJETIVOS	155
1.4. JUSTIFICATIVA.....	155
2. METODOLOGIA.....	166
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 MELHORIAS NO PROCESSO	18
3.2 POKA-YOKE	18
3.3. BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO	20
3.4. TRABALHO PADRÃO	20
3.5. FLUXO DE MATERIAIS NA LINHA DE MONTAGEM	21
3.6. LAY-OUT.....	21
3.6.1. TIPOS DE LAY-OUT.....	23
3.6.1.1. Layout Posicional.....	23
3.6.1.2. Layout Funcional	23
3.6.1.3. Layout Linear	23
3.7. CRONOANÁLISE	24
4. LEVANTAMENTO DE DADOS E MELHORIAS REALIZADAS.....	26
4.1 ESCOLHA DE LAY-OUT	27
4.2. PRENSAGEM DO PINO ELÁSTICO, CICLAGEM DO ACUMULADOR DO TRISTOP E TESTE DE ESTANQUEIDADE ANTIGA OP 30.....	28
4.3. – OP 23 – CICLAGEM DO ACUMULADOR DO TRISTOP.....	28
4.4. - OP 26 – PRENSA DO PINO ELÁSTICO.....	29
4.4.1. POKA YOKE	31
4.5. - OP 30 – TESTE DE ESTANQUEIDADE	32
5. RESULTADOS APURADOS	35

6. CONCLUSÃO	37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
7.1 REFERÊNCIAS OBTIDAS NA INTERNET	40

Resumo

Impulsionadas a enfrentar o desafio da sobrevivência no mundo globalizado atual, empresas buscam novas metodologias e técnicas de gestão visando aumentar o desempenho e eficiência de seus processos para assim tornarem-se competitivas.

O propósito deste trabalho é apresentar as situações encontradas em uma determinada linha de montagem da empresa WABCO freios do Brasil LTDA e suas respectivas ações para alcançar o objetivo desejado.

Devido ao aquecimento do mercado no final do ano de 2009 surgiu à necessidade de investimentos para o aumento da produtividade em uma determinada linha de montagem, a chamada de “linha de cilindro tristop”, a qual trará melhorias nos processos produtivos que serão apresentados neste estudo e resultará em grandes benefícios em termos de produtividade e qualidade após a implantação.

Serão descritas as ferramentas utilizadas para o alcance de tais melhorias, tais como balanceamento da produção, tipos de poka-yoke, tipos de layout, cronoanálise, fluxo de materiais, dentre outras melhorias de processo produtivo.

Abstract

Driven to meet the challenge of survival in today's globalized world, companies seek new methods and management techniques to increase performance and efficiency of its processes so as to become competitive.

The purpose of this paper is to present the situations found in a particular company's assembly line in Brazil LTDA WABCO brakes and their actions to achieve the desired goal. Due to the acceleration of the market at the end of 2009 was made necessary investments to increase productivity in a particular assembly line, the so-called "line of cylinder tristop," which will bring improvements in manufacturing processes that will be presented in this study and will result in great benefits in terms of productivity and quality after deployment.

We will describe the tools used to achieve such improvements, such as balancing of production, types of poka-yoke, types of layout, Cronoanalysis, flow of materials, among other improvements in the production process.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1. A EMPRESA

WABCO Sistemas de Controle Veicular, com a matriz em Bruxelas, Bélgica, é um dos líderes mundiais em segurança e sistema de controle para veículos comerciais. Com mais de 140 anos no mercado, a WABCO foi pioneira a introduzir tecnologia eletrônica, mecânica e mecatrônica de frenagem, estabilidade e sistemas de transmissão automática fornecidos aos líderes mundiais de caminhões, reboques e ônibus.

Trajetória da WABCO em liderança tecnológica com as inovações mais importantes da indústria de veículos comerciais:

- Primeiro sistema para simulação do controle eletrônico de estabilidade (ESC) homologado em 2009;
- Primeiro sistema autônomo de freio de emergência (AEB) em 2008;
- Primeiro sistema de mitigação de colisão (CMS) com frenagem ativa em 2007;
- Primeiro controle de estabilidade eletrônica (ESC) em 2001;
- Primeiro sistema de freio eletrônico (EBS) em 1996;
- Primeiro sistema de transmissão manual automatizada (AMT) em 1986;
- Primeiro sistema de suspensão pneumática controlada eletronicamente (ECAS) em 1986;
- Primeiro sistema de frenagem anti-bloqueio (ABS), em 1981.

A WABCO ajuda a melhorar o desempenho, segurança, eficiência e vida útil dos veículos comerciais proporcionando uma redução global de custos operacionais do veículo.

O mercado de reposição da WABCO oferece suporte à frotas e a proprietários de caminhões através de uma gama de produtos e serviços, uma rede mundial de distribuidores, postos de serviço autorizados e centros de treinamento.

1.1.1. SEGURANÇA

No cerne da história da WABCO reside seu foco em segurança. "A segurança é nosso guia" tem sido sua filosofia por muitos anos até hoje. Antes de George Westinghouse inventar o freio a ar em 1868 era impossível parar um trem em uma emergência. Desde 1869, a WABCO assumiu a liderança no desenvolvimento de tecnologia avançada em segurança.

A WABCO, em cooperação com a Daimler Chrysler, iniciou um sistema de anti-bloqueio de frenagem (ABS) para veículos comerciais em 1981.

Hoje, dois em três veículos comerciais com sistemas avançados de frenagem estão equipados com produtos WABCO. Seus sistemas e produtos atuam de forma subjacente, mas tem uma função vital em tornar confiável e eficiente o transporte diário de mercadorias e pessoas em todo o mundo. A lista das inovações da WABCO na indústria é longa e ainda cresce, incluindo o controle de temperatura automatizado e controle adaptativo de velocidade de cruzeiro (ACC). A WABCO é uma das fornecedoras líderes no mundo da tecnologia da suspensão pneumática que permite um ônibus ‘ajoelhar’, e também uma nova geração de freios a disco a ar que pesam menos que os freios tradicionais e fornecem desempenho mais elevado. (<http://www.wabco-auto.com/pt/about-us/valores/seguranca>)

Seus produtos e sistemas possuem um foco simples – ajudar a reduzir acidentes de tráfego e de veículos pelo aumento da segurança dos veículos relacionada ao desempenho, eficiência operacional e conforto individual de dirigir para ajudar a manter o motorista mais concentrado na estrada.

Mas não para aí, para WABCO a segurança é um estado de espírito. Ela não apenas fabrica produtos que melhoram a segurança, ela também educa. A WABCO, no mundo todo, emprega mais de 30 instrutores especializados e seus centros de treinamento técnico de pós-venda, treinaram mais de 12.000 oficinas e especialistas em frotas em sistemas de tecnologia avançada e diagnósticos para veículos comerciais.

A WABCO é a única indústria fornecedora para veículos comerciais que, hoje, opera três pistas de teste particulares na Finlândia, Alemanha e Índia. Suas pistas de teste fornecem condições ótimas para testar e refinar seus novos sistemas de controle de veículos de tal modo que atendam às demandas dos clientes e requisitos normativos.

Alguns de seus últimos sistemas que ajudam a melhorar o desempenho e a segurança dos veículos:

1. Adaptive Cruise Control (ACC) - Controle adaptativo de velocidade de cruzeiro;
2. Integrated Vehicle Tire Pressure Monitoring (IVTM) - Monitoramento integrado da pressão dos pneus do veículo;
3. Nova geração de freios pneumáticos a disco;
4. Vario Compact ABS II (VCS II).

INFORMAÇÃO SUPLEMENTAR: Veículos de emergência, como caminhões de combate a incêndios, salvam vidas trafegando rapidamente e com segurança até o incidente. Eles são geralmente equipados com sistemas de frenagem, de estabilidade, de transmissão e de controle de suspensão WABCO. (<http://www.wabco-auto.com/pt/about-us/valores/seguranca>)

1.1.2. SEGURANÇA NO LOCAL DE TRABALHO

Uma instalação segura é mais produtiva e mais agradável de se trabalhar. Seu objetivo é alcançar zero acidente e dias de trabalho perdidos em suas instalações. Através de treinamento, procedimentos de operação preventiva e equipamento de proteção, trabalhando para reduzir constantemente o risco de ferimentos de funcionários e dias de trabalho perdidos por acidentes a cada ano.

Criar e manter uma local de trabalho seguro para todos os funcionários é uma expressão clara de dois de seus valores de negócios – busca pela excelência; e reconhecimento da importância de seu pessoal. Suas equipes de gerenciamento aceitam esse desafio e demonstram a liderança e comprometimento necessários para tornar a segurança uma prioridade em todas as instalações da WABCO.

Mas, é necessária a participação e dedicação de cada funcionário em melhorias de segurança e prevenção de acidentes para criar um ambiente seguro de trabalho. Manter suas instalações seguras e sem acidentes requer um comprometimento contínuo, consciência e diligência. Continuando a trabalhar como uma equipe para aumentar ainda mais as normas de segurança pela melhoria contínua dos processos, utilizando equipamento, roupas de proteção, implementando boa ergonomia e dando treinamentos, para melhorar a saúde e garantir a segurança. (<http://www.wabco-auto.com/pt/about-us/valores/seguranca>)

1.1.3. MEIO AMBIENTE

A WABCO está comprometida em cumprir suas responsabilidades para proteger o ambiente.

Do mesmo modo que trabalha para o crescimento de seus negócios e colocam a WABCO como o melhor lugar para se trabalhar, continua a ser um vizinho responsável quanto ao ambiente nas comunidades onde opera.

Como procedimento básico, a WABCO procura conhecer e estar de estrito acordo com todas as leis e os regulamentos aplicáveis em nível nacional, estadual e municipal para a proteção do meio ambiente para cada uma de suas instalações e unidades de negócios. Também encoraja esforços que excedam as exigências dos requisitos legais, sempre que haja oportunidades de melhorar a proteção ambiental. (<http://www.wabco-auto.com/pt/about-us/valores/meio-ambiente>)

Além disso:

- Informa de forma honesta e transparente os seus funcionários, bem como os vizinhos, clientes, acionistas e órgãos governamentais sobre a natureza de suas operações e produtos e suas relações com o meio ambiente;
- Continuará a elaborar produtos, processos e instalações operacionais em todo o mundo que sejam ambientalmente corretas, previnam a poluição, conservem os recursos e a energia, minimizem o uso de materiais perigosos e reduzam o desperdício;
- Exigirão de suas unidades de negócios que definam metas agressivas e exequíveis quanto ao meio ambiente, consistentes com as metas e os objetivos da corporação WABCO;
- Estabelecem e mantêm as métricas ambientais que sejam globais, oportunas e compreensíveis;
- Irá trabalhar muito no sentido de integrar a proteção ambiental em suas atividades comerciais e processos;
- Continuamente procurará por oportunidades para melhorar seu desempenho ambiental

A WABCO espera que todos os funcionários estejam conscientes sobre o impacto ambiental de suas ações. Fornecem treinamento para eles sempre que apropriado. As equipes de liderança em todas as suas instalações são responsáveis por assegurar que suas normas ambientais sejam compartilhadas com cada funcionário, e mantidas. Todos os funcionários têm o dever de reportar qualquer preocupação ambiental para sua equipe de liderança. Pode-

se esperar que uma ação rápida seja tomada com relação a qualquer situação ambiental inconsistente com as normas. (<http://www.wabco-auto.com/pt/about-us/valores/meio-ambiente>)

1.1.4. CERTIFICAÇÕES ISO

A WABCO é um parceiro de desenvolvimento e confiável provedor de soluções para os principais veículos comerciais globais e regionais e os construtores de automóveis de passageiros. Para manter o excelente desempenho e satisfação dos clientes em todo o mundo, benchmarks WABCO sua qualidade e sistemas ambientais aos padrões de excelência internacionalmente reconhecidos.

Nossa ISO 9001:2000, ISO/TS16949 e ISO 14001 são concedidos por organizações reconhecidas internacionalmente.

Principais clientes da WABCO:

BRASIL

- Mercedes-Benz 
- Scania 
- Volvo 
- MAN  
- Ford 
- Cummins 
- Master
- ZF
- Randon
- Agrale
- Iveco

EXPORTAÇÃO

- Argentina: Mercedes-Benz
Iveco
- Venezuela: Encava
- Mexico: Mercedes-Benz
- Joint Venture: Meritor WABCO
- Inter Company: WABCO Europe
WABCO S. Africa
WABCO China
WABCO India

Clientes da Wabco Freios do Brasil LTDA (Planta Brasil) – Autor (Próprio)

- Lista dos clientes da empresa Wabco, clientes do Brasil e exportação.



(Foto 1) –Wabco Freios (Planta Brasil) – Autor (Desconhecido)

- Foto aérea da empresa Wabco. Localizada na cidade de Sumaré – SP rodovia anhanguera Km106.

1.2. SITUAÇÃO PROBLEMA

No início do ano de 2009 verificou-se que uma determinada linha da WABCO Freios do Brasil LTDA estava totalmente desbalanceada, com martelo em linha de montagem propiciando o risco de um acidente de trabalho e danificação da peça montada, caso o operador errasse na martelada.

Em uma única bancada são feitas três atividades diferentes na operação 030, que são:

- Montar anel "o", arruela, porca e pino elástico;
- Ciclar o conjunto;
- Verificar vazamento aplicando sabão na peça e procurando bolhas.

O que tornava difícil reduzir o tempo de ciclo desta operação, com isso surgiu a necessidade de arrumar uma forma de desmembra - lá.

No final de 2009 seus clientes apresentaram uma programação para o ano de 2010 acima da capacidade produtiva da WABCO. Foram necessárias algumas opções de melhorias

a serem feitas e investimentos em equipamentos para aumentar a produtividade e eliminar os pontos fracos existentes na linha de montagem assim como tirar algumas montagens feitas na linha e realocá-las como pré-montagens (Conforme informação recebida da gerencia).

1.3. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é analisar a situação atual encontrada na linha de “cilindro tristop” onde a empresa tem programado um enorme volume de produção para o ano de 2010, é necessário melhorar alguns pontos tais como: Aumento da produção para atender a demanda; Evitar acidentes e desperdícios; Redução do tempo de processo; Garantia de melhora da qualidade; Conseguir aprovar peças com vazamentos permissíveis.

Além disso, este estudo pretende apresentar exemplos de aplicações de melhorias, baseada na metodologia a ser pesquisada, que possam ser aplicadas em outros processos e empresas, como por exemplo: fluxo de materiais, balanceamento do tempo das operações e lay-out que propiciam o aumento da produtividade na busca da competitividade no mercado através de um baixo TCO (Total cost of ownership).

1.4. JUSTIFICATIVA

Impulsionadas a enfrentar o desafio da sobrevivência no mundo globalizado atual, empresas buscam novas metodologias e técnicas de gestão visando aumentar seu desempenho e eficiência de seus processos para assim tornarem-se competitivas.

O propósito deste trabalho é apresentar as situações atuais encontradas em uma determinada linha de montagem da empresa WABCO freios do Brasil LTDA e suas respectivas ações para atingir seu objetivo produtivo, e a satisfação de seus clientes.

Devido ao aquecimento do mercado no final do ano de 2009, a empresa ficou em uma situação um pouco complicada, pois a sua previsão de vendas feita junto a seus clientes estava maior do que a capacidade produtiva trabalhada em três turnos. Com isso surgiu a necessidade de melhorias e investimentos para o aumento da produtividade em uma determinada linha de montagem da planta do Brasil, a chamada de “linha de cilindro tristop”, utilizados em freio de caminhões pesados.

2. METODOLOGIA

Neste estudo foi pesquisada a melhor solução existente em equipamentos, qual o melhor layout a ser utilizado, balanceamento da produção, trabalho padrão, poka-yoke (ferramenta a prova de erros utilizada para correção ou identificação dos mesmos) e seus respectivos tipos existentes, fluxo de materiais em linha de produção e melhorias de processos em geral, através de livros e artigos publicados e entrevistas com fabricantes de equipamentos e processistas que conhecem do assunto para ajudar na resolução do problema.

Foram pesquisadas quais metodologias podem ajudar a empresa a aumentar a sua capacidade para atender o volume programado para o ano de 2010, não se esquecendo que em primeiro lugar é a segurança e em seguida a qualidade.

Através destas pesquisas foi possível conhecer equipamentos novos, quais os tipos de poka yoke existentes, balanceamento de produção e os fatores que o afetam, qual o melhor lay-out a ser utilizado em cada circunstância, encontrando soluções para a empresa WABCO Freios do Brasil LTDA e aumentando a bagagem de conhecimento para o início de carreira.

Neste estudo foi feito um levantamento de dados do antes e depois das alterações assim como dos resultados que serão obtidos na linha de cilindro tristop da empresa WABCO Freios do Brasil LTDA, para compreender melhor quais fatores podem influenciar na produtividade e adquirir maior conhecimento sobre os equipamentos.

Durante o levantamento de dados foi observado que existem muitos fatores que influenciam na produtividade, tornando o assunto de aumento de produtividade bastante complicado.

Neste trabalho no capítulo 1 foi apresentada a empresa WABCO Freios do Brasil LTDA, o sistema de segurança tanto de seus produtos como do local de trabalho e a responsabilidade que possui com o meio ambiente, foram relacionadas suas certificações ISO e seus clientes. Ainda neste capítulo foi explicada a situação problema que a empresa possuía, assim como os objetivos e a justificativa.

No capítulo 2 a metodologia pesquisada para a resolução dos problemas existentes na empresa foi desenvolvida.

Já no capítulo 3 foram aduzidos os fatores que influenciam a qualidade e a produtividade.

No desenvolvimento, capítulo 4, foi explicado como se chegou à definição do melhor lay-out para a linha de produção e às melhorias realizadas no processo de montagem para aumento da qualidade e ganho de tempo.

No capítulo 5 os resultados foram apurados após a efetivação das melhorias.

O trabalho foi concluído no capítulo 6, onde se analisa os resultados e oferece sugestões para a continuidade do trabalho.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. MELHORIAS NO PROCESSO

Segundo (SHINGO, 1996) toda produção, executada tanto na fábrica como no escritório, deve ser entendida como uma rede funcional de processos e operações. Processos transformam matérias-primas em produtos. Operações são ações que executam essas transformações. Esses conceitos fundamentais e sua relação devem ser entendidos para alcançar melhorias efetivas na produção.

Para maximizar a eficiência da produção, deve-se analisar profundamente, e melhorar o processo antes de tentar melhorar as operações.

Todos os processos podem ser melhorados. Segundo (SHINGO,1996) existem duas maneiras. A primeira é “Como o produto pode ser redesenhado para manter a qualidade e ao mesmo tempo reduzir os custos de fabricação”. A segunda é “Como a fabricação desse produto pode ser melhorada.

Obtem-se melhorias representativas quando se procura impedir que os problemas ocorram, ao invés de corrigi-los após seu aparecimento.

No desenvolvimento de novos equipamentos deve-se ficar muito atento a detecção de falhas que o equipamento é capaz de identificar, porém (SHINGO, 1996) diz que muitas empresas utilizam aparelhos de detecção de defeitos magníficos, mas esquecem de se perguntar “Que tipo de inspeção esta sendo feita?”. Se a prevenção não for o objetivo principal, é pouco provável que os resultados sejam satisfatórios.

3.2. POKA YOKE

É nada mais que uma ferramenta a prova de erros, utilizada para corrigir ou identificar erros. Segundo (SHINGO, 1996) o poka yoke é utilizado como:

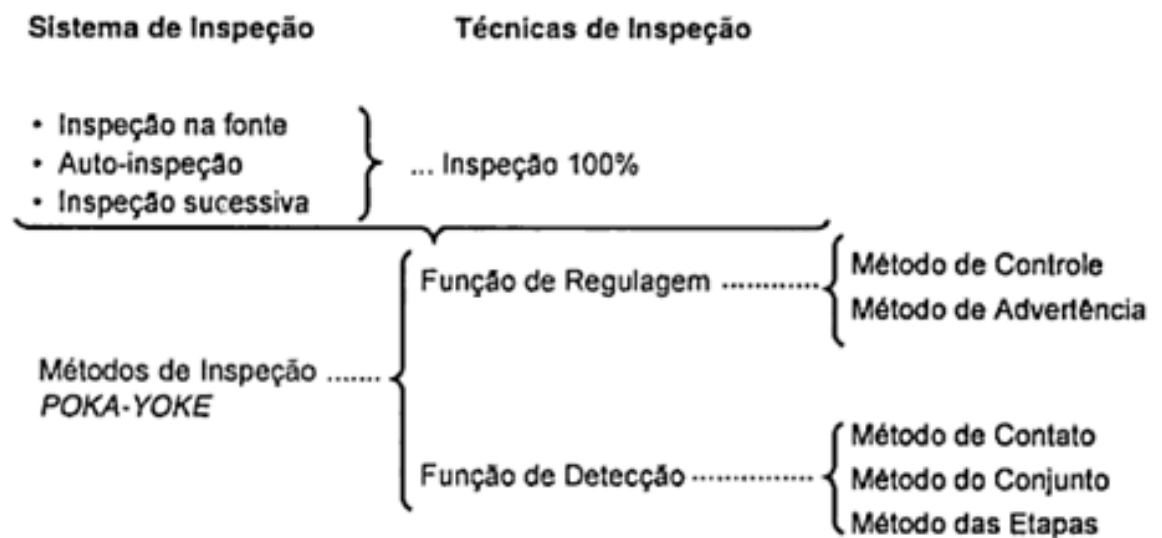
- Método de Controle: quando a ferramenta poka yoke é ativada, a máquina ou linha de processamento para, de forma que o problema possa ser corrigido;
- Método de Advertência: quando a ferramenta poka yoke é ativada, um alarme soa, ou uma luz sinaliza, visando alertar o trabalhador.

Com certeza o poka yoke de controle é o melhor e mais poderoso método de controle, pois ele paralisa o processo até que a condição causadora do defeito seja corrigida, já o de advertência permite que o operador não atenda ao aviso e prossiga com o processo. Segundo (SHINGO, 1996) defeitos mais freqüentes geralmente exigem um poka yoke de controle. Se a freqüência do defeito é baixa e o defeito puder ser corrigido é aconselhável um poka yoke de advertência. Já se o defeito não puder ser corrigido é preferível um poka yoke de controle, para que não haja desperdício de materiais.

Há três tipos de poka yoke de controle:

- Método de contato identifica os defeitos em virtude da existência ou não do contato entre o dispositivo e alguma característica ligada ao produto;
- Método de conjunto determina se um dado número de atividades previstas são executadas;
- Método das etapas determina se são seguidos os estágios ou operações estabelecidas por um dado procedimento.

O método utilizado será o de etapas, onde o operador não consegue prosseguir com a montagem caso esqueça algum componente. Neste método o operador é advertido a respeito do erro, porém caso burla o equipamento, a mesma será efetivada.



(Tabela1) – Inspeção desejada e suas técnicas de aplicação - Autor (SHINGO, 1996)

- Tabela identificando quando se deve utilizar poka yoke ou outro tipo de inspeção.

3.3. BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO

Para alcançar o objetivo produtivo para o ano de 2010 além das melhorias a serem feitas no processo produtivo, o tempo de produção das operações deve estar balanceado, para que se consiga obter o melhor rendimento da linha como um todo, mas para isso é necessário que o trabalho padrão esteja bem definido, caso contrário irá haver divergência entre os tempos de produção dos colaboradores.

Segundo (SHINGO, 1996) o objetivo do balanceamento da produção é fazer com que um processo produza a mesma quantidade do processo precedente.

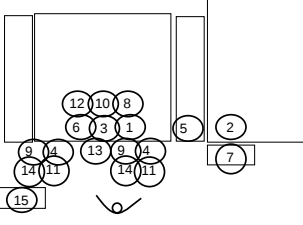
Para (CHOW, 1990) para a realização do balanceamento de uma linha de montagem, deve-se primeiramente construir um diagrama das tarefas envolvidas na montagem do produto, seus tempos característicos e relações de precedência. A partir de uma demanda desejada, um tempo de ciclo é calculado. O problema principal consiste em agrupar e alocar tarefas às estações de trabalho de modo que se preserve a precedência, ou seja, nenhuma tarefa pode ser iniciada até que suas tarefas precedentes estejam realizadas. Além disso, o tempo de processamento em cada estação não deve ultrapassar o tempo de ciclo.

3.4. TRABALHO PADRÃO

É observável que o tempo de ciclo de um colaborador varia de acordo com a ordem de realização das operações, para (SHINGO,1996) é possível que os movimentos sejam diferentes mesmo que os tempos sejam iguais, estabelecer tempos fixos não garante movimentos de trabalho idênticos.

Com isso tem-se a necessidade de estabelecer o uso da folha de operação padrão, onde devem ser indicados os tempos de ciclos, ordem das operações de cada posto de trabalho e controles da qualidade e segurança.

Exemplo:

WABCO Trabalho Padrão	Deppto.	VS1	TAKT Time	63s	Data			4/5/2010			
	Processo	MONTAGEM OP. 40	Tempo de Ciclo	67s	Revisão			3			
	Nome Peça	TRISTOP "G"	Número Peça	925 431/432/491... 0	Folha #			1/1			
					Ops	QA	PAM	LPO	HR	Matl	Eng
Layout: 	#	Elemento de Trabalho			Elementos			Descrição dos pontos críticos de Qualidade e Segurança			
					Man	Máq	Desloc	Crítico			
	1	Pegar a cinta e colocar sobre a placa			4			Visual de imperfeições.			
	2	Pegar sub-conjunto			2						
	3	Colocar sub-conjunto sobre a placa			3						
	4	Acionar bi-manual para fechamento do prisma			2						
	5	Pegar diafragma			3						
	6	Posicionar diafragma sobre o sub-conjunto			3						
	9	Acionar bi-manual para centralização do conjunto			4	4		Visual de imperfeições e posição de montagem do acumulador.			
	7	Pegar acumulador			2						
	8	Colocar acumulador sobre o sub-conjunto			2						
	10	Acionar bi-manual para abertura do prisma			2	3					
	11	Ajustar a cinta no conjunto			5						
	12	Acionar bi-manual para fechamento do prisma			2	3					
	13	Fechar cinta com parafuso e porca			10			Torque no parafuso da cinta.			
	14	Acionar o bi-manual para finalizar operação			4	4					
	15	Disponibilizar para próxima operação.			5			Visual centralização do diafragma.			
	16	Retirar espaçador do Pistão de Aço			2						
Segurança	+	Inspeção Qualidade	◇								
Estoque Padrão	●	Crítico Qualidade	<1> <2>								
Tempo Total					53	14					

(Tabela 2) – Modelo de trabalho padrão – Autor (Renato Hiroshi)

- Folha de trabalho padrão utilizada pelos operadores, para não ter variações no tempo da operação de um operador para outro, onde é descrito passo a passo como fazer em cada etapa da operação e a ordem em que devem ser executadas e também alguns detalhes como itens críticos de qualidade, verificações visuais, tempo máquina e tempo homens de cada passo dentro da operação.

3.5. FLUXO DE MATERIAIS NA LINHA DE MONTAGEM

Em uma linha de montagem não se deve deixar espaço para os colaboradores deixarem peças acumuladas, pois pode ocorrer uma queda e gerar um desperdício de matérias ou até mesmo um potencial para um defeito futuro. Para (SHINGO, 1996) deve-se encadear um fluxo de peças unitárias coerentes com o tempo de cada operação.

3.6. LAY-OUT

A estrutura de produção é o agrupamento de operações produtivas. No ambiente da manufatura isto se caracteriza pelo layout fabril. Seu projeto tem um significativo impacto na performance dos sistemas de manufatura enxuta e afeta diretamente os resultados da empresa,

sendo decisivo para sua sobrevivência no mercado competitivo mundial. (YANG ET AL., 2000; CANEN e WILLIAMSON, 1998; DHONDT e BENDERS, 1998).

LEE (1998) afirma que o layout pode ser a essência da produção eficiente, desde que seu projeto trate desde a localização global até as estações de trabalho, tendo como resultado um ambiente que integra pessoas, serviços, produtos, informações e tecnologia.

A otimização do layout industrial possibilita a eliminação de uma série de perdas existentes no processo produtivo: eliminação das horas-homem de transporte, que normalmente representam 45% do tempo do processo de fabricação e não agregam valor ao produto; melhoria nos índices de qualidade, devido a maior rapidez no feedback de informação; redução do lead time produtivo, que viabiliza a produção contra pedido; redução dos inventários entre processos; aumento da produtividade, devido aos operários multifuncionais; e aumento da motivação e comprometimento dos funcionários, por trabalharem diretamente em várias funções e participarem mais ativamente no resultado da empresa (MONDEN, 1984)

Qualquer alteração no layout existente representa um custo elevado e não é facilmente realizada (SHA e CHEN, 2001), porém sua reconfiguração representa a oportunidade de mudar a filosofia de trabalho de toda a organização (HALL e FORD, 1998). Para SHINGO (1996) a melhoria do layout industrial é uma pré-condição fundamental para estabelecer o fluxo contínuo.

O estudo de layout pode trazer conseqüências benéficas se forem observadas algumas recomendações. A melhor justificativa para todo o cuidado em estudos dessa natureza é o fato de que a mudança de uma mesa e cadeira de um ponto da sala para outro pode causar um conflito maior do que a transformação estrutural de uma organização. É certo que o espaço físico que utilizamos é de muita importância para nós mesmos. É possível considerar que o brasileiro, em geral, zela muito pelo espaço que utiliza e cada vez mais tem necessidade de maior conforto. Haja vista a constância de remodelações ambientais sobrepondo-se a reformas de outra ordem. Contudo, não é apenas o aspecto visual e de conforto que deve prevalecer no estudo de aproveitamento do espaço físico, mais do que isso, importa o fluxo existente entre pessoas e papéis, genericamente falando. (ARAÚJO, 2001)

Para a elaboração do layout, são necessárias informações sobre especificações e características do produto, quantidades de produtos e de materiais, seqüências de operações e de montagem, espaço necessário para cada equipamento, incluindo espaço para movimentação do operador, estoques e manutenção, e informações sobre recebimento,

expedições, estocagem de matérias-primas e produtos acabados e transportes. (MARTINS, PETRÔNIO G.; LAUGENI, FERNANDO PIERO, 2006).

3.6.1. TIPOS DE LAY-OUT

3.6.1.1. Layout Posicional

Por posição fixa, ou por localização fixa do material. Usado para montagens complexas. Os materiais ou componentes principais ficam em um lugar fixo.

Usa-se Layout posicional quando:

As operações de conformação do material utilizarem apenas ferramentas manuais ou máquinas simples; Estiverem sendo feitas poucas unidades de certo tipo; O custo de movimentação for alto. Autor (Pedro Antônio Mendonça EJEP - Empresa Junior de Engenharia de Produção Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC Campus Trindade - Departamento de Engenharia de Produção. <http://www.ejep.ufsc.br/web/index.php/areas-de-atuacao/layout>)

3.6.1.2. Layout Funcional

Por processo. Agrupa-se todas as operações de um mesmo "tipo" de processo.

Usa-se Layout funcional quando:

As máquinas forem de difícil movimentação; Tiver grande variedade de produtos; Tiver grandes variações nos tempos requeridos para diferentes operações; Tiver demanda pequena ou intermitente. Autor (Pedro Antônio Mendonça EJEP - Empresa Junior de Engenharia de Produção Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC Campus Trindade - Departamento de Engenharia de Produção. <http://www.ejep.ufsc.br/web/index.php/areas-de-atuacao/layout>)

3.6.1.3. Layout Linear

Linha de produção, ou por produto. O material é que se move. Uma operação imediatamente adjacente à anterior. Os equipamentos são dispostos de acordo com a sequência de operações.

Usa-se Layout linear quando:

Tiver grandes quantidades de peças; O produto for mais ou menos padronizado; A demanda for estável; Puder ser mantida a continuidade do fluxo de material - operações balanceadas.

Autor (Pedro Antônio Mendonça EJEP - Empresa Junior de Engenharia de Produção Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC Campus Trindade - Departamento de Engenharia de Produção. <http://www.ejep.ufsc.br/web/index.php/areas-de-atuacao/layout>)

O estudo de layout é extremamente necessário para garantir a escolha certa, pois assim se pode dar maior agilidade aos processos, sejam eles em um escritório ou uma linha de produção.

3.7. CRONOANÁLISE

Os conceitos de “Tempo” na Cronoanálise:

A unidade de medida mais usada na Cronoanálise é “centésimos de minuto”, portanto utiliza-se o sistema centesimal e não o hexadecimal. Assim:

- 1 minuto = 100 centésimos de minuto
- 1 centésimo de minuto = 0.01 minuto = 0.6 segundos
- 1 segundo = 1.66 centésimos ou 0.0166 minutos

Há três conceitos de tempo:

- **Tempo Real (TR)**
- **Tempo Normal (TN)**
- **Tempo Padrão (TP)**

O “Tempo Real” é tempo de ciclo de uma operação, ou seja, o tempo transcorrido entre a saída de uma peça da operação e a saída da peça seguinte.

O “Tempo Normal” é o Tempo Real corrigido pelo ritmo do operador.

$$TN = TR \times (\% \text{ Ritmo} / 100)$$

Exemplo: Para um tempo real de 0.05 min e um ritmo avaliado em 90%, o tempo normal é 0.045 min.

O “**Tempo Padrão**” é o Tempo Normal corrigido pelos adicionais de tolerância (pessoal e fadiga). Este é tempo a ser considerado para o balanceamento da linha de produção e cálculo de custo.

$$TP = TN \times (1 + \text{Adicionais}/100).$$

Exemplo: para um tempo normal de 0.045 min e adicionais de 20%, o tempo padrão é 0.054 min.

É importante saber que não necessariamente todos os valores cronometrados de Tempo Real devem ser considerados. Convém fazer uma análise crítica destes dados antes de sua conversão para Tempo Normal. Este processo pode ser chamado de “Nivelamento”.

Durante a etapa de Nivelamento, “outliers” devem ser eliminados, ou seja, tempos bastante diferentes dos demais valores cronometrados devem ser desprezados para não “contaminar” o Tempo Normal, uma vez que algo diferente ocorreu. Isto pode ser causado por fatores como:

Erro humano por parte do Cronoanalista: embora raro num profissional treinado, isto pode ocorrer e não deve interferir no resultado final.

Elementos Estranhos: São elementos desnecessários à operação como, por exemplo, o operador enxugar o suor da testa.

Elementos Anormais: modificam a sequência natural de movimentos de forma exagerada, como por exemplo, uma rebarba dificultando o encaixe de uma peça ou ferramenta.

Elementos Estranhos ou Anormais também tem a sua importância e não podem ser simplesmente ignorados e desprezados. Registrar quando estes elementos ocorrem e sua frequência é importante para identificar uma oportunidade de melhoria na operação. Se tais elementos ocorrem com frequência significativa, os tempos provenientes destes elementos perturbam o processo e reduzem a produtividade da operação. Neste caso, convém identificar a causa de tais ocorrências e eliminá-la.

Autor: (Engenheiro Douglas Moura Miranda, graduado na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), assessor industrial do Centro Integrado de Produtividade Industrial (CIPi), especializado nas metodologias: 6 Sigma, Cronoanálise, Lean Manufacturing, TPM, TQM. http://www.partnerconsulting.com.br/artigos_det.asp?pagina=4&artigo=98).

4. LEVANTAMENTO DE DADOS E MELHORIAS REALIZADAS

Todas as situações citadas neste capítulo foram verificadas através de acompanhamento das alterações na linha de montagem assim como entrevistas ao Engenheiro de processo, diretoria e responsáveis pelas mudanças.

Em primeiro lugar, antes de qualquer modificação foi analisado o layout da linha de montagem de cilindro trístop, a diretoria resolveu fazer uma votação e com isso resolveram mudar o posicionamento da linha como um todo, porém não alteraram o posicionamento das bancadas e nem a ordem das operações.

Após todo o estudo de balanceamento estar concluído, foi analisada a possibilidade da compra de novos equipamentos que pudessem ajudar a conseguir o tempo desejado em cada operação, não se esquecendo das especificações do produto, sendo possível através do auxílio dos fabricantes de equipamentos, opiniões da manutenção, toda a experiência da equipe da WABCO Brasil e consultando outras plantas da WABCO para entender como é o processo de montagem desta mesma peça fora do Brasil. Com isso, os fabricantes de equipamentos forneceram projetos, após analisados pelo Engenheiro de processo, coordenador de Produção, Manutenção e Diretoria, entrou-se no consenso de que era viável economicamente e financeiramente. Neste momento foi dado início a fabricação das bancadas, uma sendo o teste de estanqueidade, o qual tirará dos olhos do operador a detecção de vazamentos e também aprovará peças com vazamentos permissíveis o qual o operador não consegue medir e aprovar, gerando um ganho no tempo de teste. A prensa do pino elástico, a qual ganhará tempo e eliminará o martelo da linha de montagem, evitando riscos de acidentes de trabalho e de danificação da peça caso o operador erre a martelada. Finalmente a bancada de ciclagem da peça onde a mesma é pressurizada e movimentada funcionalmente para que ocorra o assentamento dos anéis de vedação.

Todas essas alterações foram feitas visando à melhoria da qualidade de nossos produtos, a satisfação de nossos clientes com o atendimento das entregas conforme sua necessidade e o aumento da produtividade e conseqüente aumento da lucratividade.

4.1 ESCOLHA DE LAY-OUT

Antes de fazer qualquer modificação na linha de montagem foram analisados as 3 opções de layouts, e realizada uma votação pelos gerentes e responsáveis avaliando o fluxo desde a entrada na linha até a saída, o espaço disponível dentro da linha para passagem dos materiais e das pessoas, a ergonomia com o intuito de não ocorrerem as doenças de trabalho dispondo os materiais em altura ideal quando necessária a utilização, as rotas de abastecimento, a flexibilidade entre operadores caso seja necessária a ausência por determinado espaço de tempo, o fácil abastecimento e boa gestão visual para os abastecedores com relação a disponibilidade dos materiais, como pode ser visto na tabela abaixo. Porém não foi alterado o posicionamento das bancadas e nem a ordem de operações, ou seja, mudaram a linha toda de posição, sem afetar o tempo das operações.

Matriz de avaliação de layout – Atuadores

Nível de importância		10	3	6	8	8	8	6	
		Fluxo	Espaço	Ergonomia	Rotas	Flexibilidade (entre operadores)	Fácil abastecimento	Gestão Visual	Total
#	Layout								
1	Proposta 1	3	1	9	3	3	3	3	177
2	Proposta 2	9	9	9	9	3	9	9	393
3	Proposta 3	1	9	9	3	1	1	3	149
Total		130	57	162	120	56	104	90	

(Tabela 3) – Análise de layouts – Autor (Diretoria)

- Gráfico de análise de layout, indicando a somatória de notas obtidas através da votação feita pela diretoria, analisando os principais pontos para optarem pelo melhor layout.

Após feita a análise das propostas de lay-out chegaram a conclusão de que a Proposta Número 2 foi a melhor, devido a pontuação obtida nos critérios acima apresentados, porem por motivos de sigilo da empresa o lay-out n

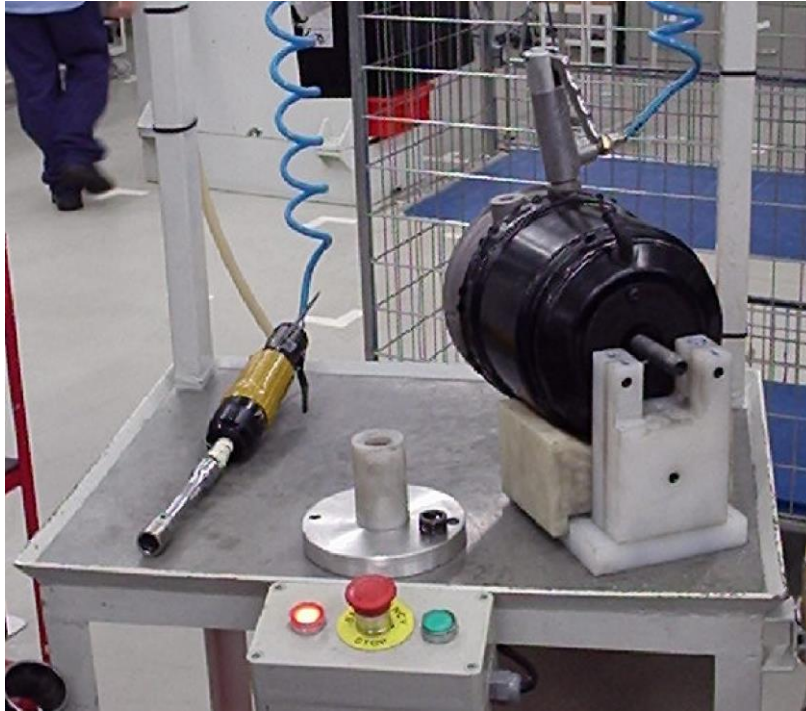
4.2. PRENSAGEM DO PINO ELÁSTICO, CICLAGEM DO ACUMULADOR DO TRISTOP E TESTE DE ESTANQUEIDADE ANTIGA OP 30

Durante os estudos realizados na operação 30 onde há as operações de prensagem do pino elástico, ciclagem do acumulador e teste de estanqueidade, constatou-se que seria necessário desmembrar uma operação em três, pois seria impossível atingir o tempo desejado com a precisão desejada em uma única operação, porém um único operador conseguiria tomar conta dos três postos de trabalho, onde a maior demora do processo é tempo máquina.

Assim foi feita e dividida a operação 30 em operação 23, 26, 30, as quais são a ciclagem do acumulador do tristop em primeiro com op23 para assentamento dos anéis, a prensa do pino elástico em segundo como op26 e o teste de estanqueidade como op30, veja abaixo o objetivo de cada uma das operações.

4.3. – OP 23 – CICLAGEM DO ACUMULADOR DO TRISTOP

A bancada de ciclagem do acumulador do tristop é onde a peça é pressurizada e movimentada funcionalmente, para que ocorra o assentamento dos anéis de vedação antes de efetuar o teste de estanqueidade.



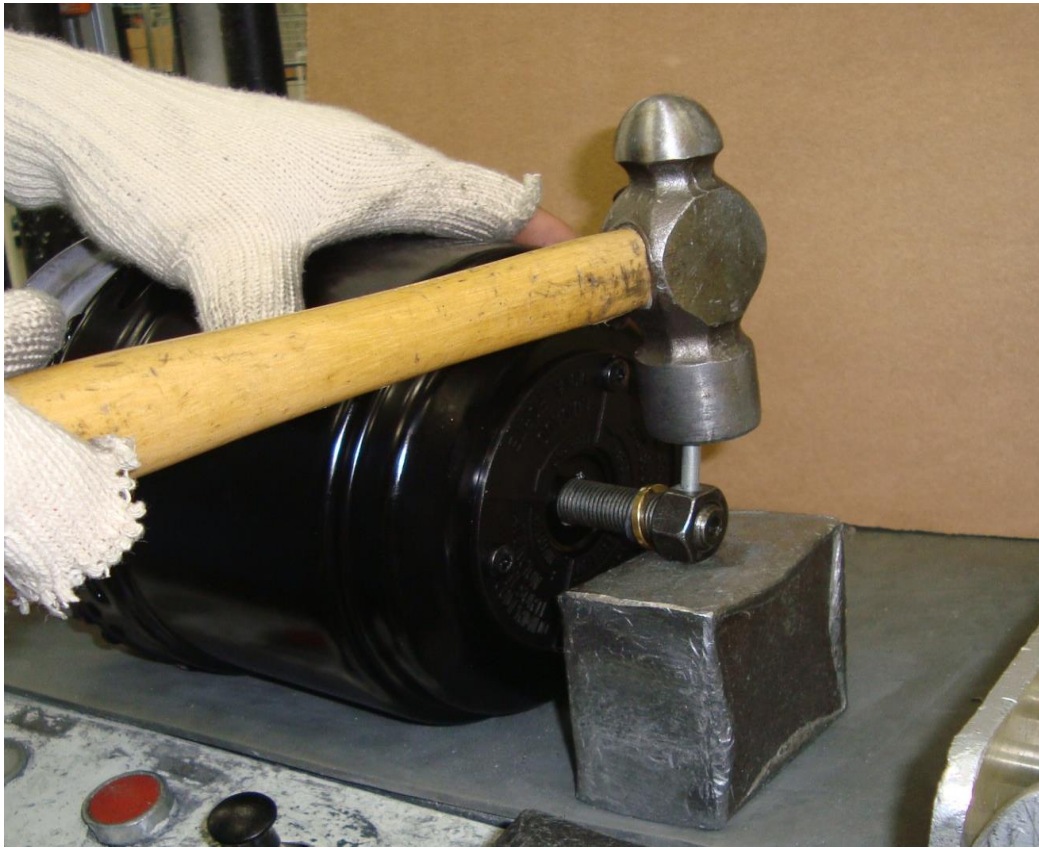
(Foto 2) – Bancada de ciclagem – Autor (Próprio)

- Foto do acumulador do trístop pressurizado sendo ciclado (movimentado), para assentamento dos anéis de vedação.

4.4. - OP 26 – PRENSA DO PINO ELÁSTICO

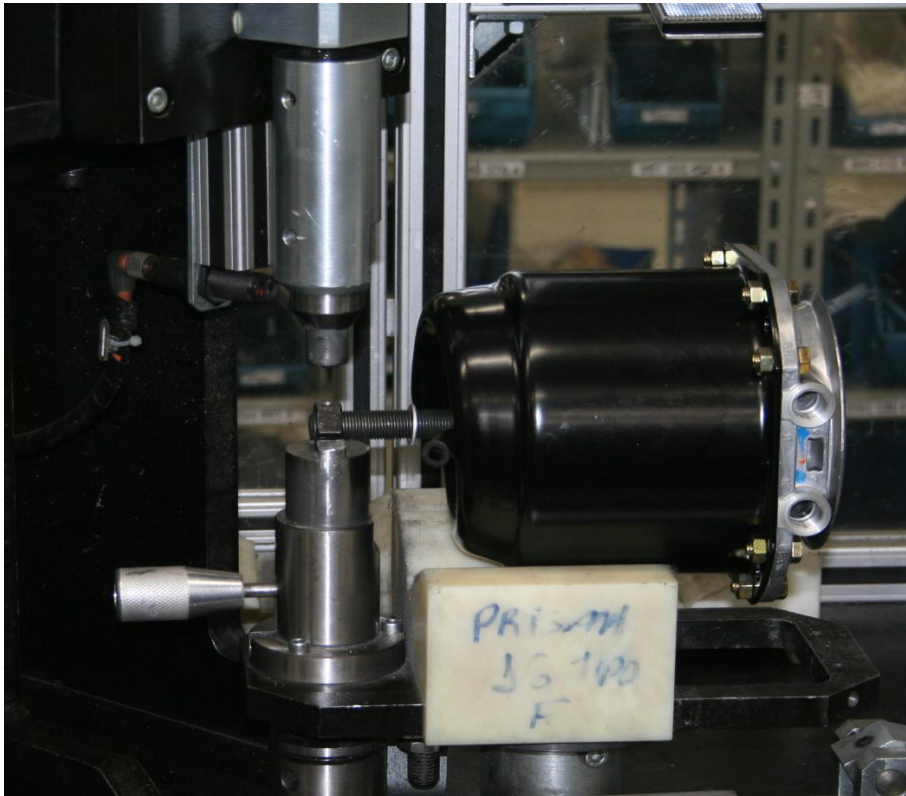
O objetivo de implantar esta prensa foi a eliminação do martelo na linha de montagem, eliminando os riscos de acidentes de trabalho, danificação da peça e diminuição do desgaste físico do operador durante o dia de trabalho, fazendo com que o ele trabalhe mais, aumentando a produtividade. No desenvolvimento desta prensa foi encontrados pontos de melhoria de qualidade com a implantação do poka yoke (mais detalhes no tópico 4.4.1).

Veja abaixo o antes e o depois da operação de cravar o pino elástico:



(Foto 3) – Cravar pino elástico, no martelo – Autor (Próprio)

- Foto do operador cravando o pino elástico, nas condições antigas, onde o operador utiliza o martelo para cravar o pino elástico.



(Foto 4) – Prensa do pino elástico – Autor (Próprio)

- Foto da prensa do pino elástico, a qual substituiu o martelo.

4.4.1. POKA YOKE

Durante o desenvolvimento da prensa do pino elástico, foram identificados pontos onde o operador poderia deixar de montar alguns componentes, causando desgaste prematuro do cilindro trístop. Verificou-se a possibilidade de implantação de um poka yoke na prensa do pino elástico, fazendo com que o operador siga um ciclo de montagem sem esquecer nenhum componente, caso o operador esqueça-se de montar algum componente a bancada não passa para o próximo passo, veja abaixo o exemplo do poka yoke de detecção implantado:



(Foto 5) – Poka yoke de Detecção pelo método de etapas – Autor (Próprio)

- Foto do Poka yoke de detecção pelo método de etapas, se o operador não seguir as etapas de colocar anel “o” e colocar arruela antes de prensar o pino a prensa não prossegue com o processo.

4.5. - OP 30 – TESTE DE ESTANQUEIDADE

Foi desenvolvido para garantir a qualidade dos cilindros tristops sem depender dos olhos do operador, além de possibilitar que o operador faça outras tarefas durante o tempo de ciclo do teste. O teste também aprova peças com vazamentos permissíveis, o qual o operador não consegue medir

Veja o antes e o depois do teste de estanqueidade:



(Foto 6) – Teste de estanqueidade com sabão – Autor (Próprio)

- Foto do teste de estanqueidade feito com sabão, através de verificação visual pelo operador na procura de bolhas, caso a peça esteja vazando e local onde era feita a ciclagem para assentamento dos anéis de vedação. Ao lado direito era feito o cravamento do pino elástico.



(Foto 7) – Teste de estanqueidade diferencial de pressão – Autor (Próprio)

- Foto do teste de estanqueidade por diferencial de pressão, não necessitando de sabão, onde o teste indica aprovado ou reprovado.

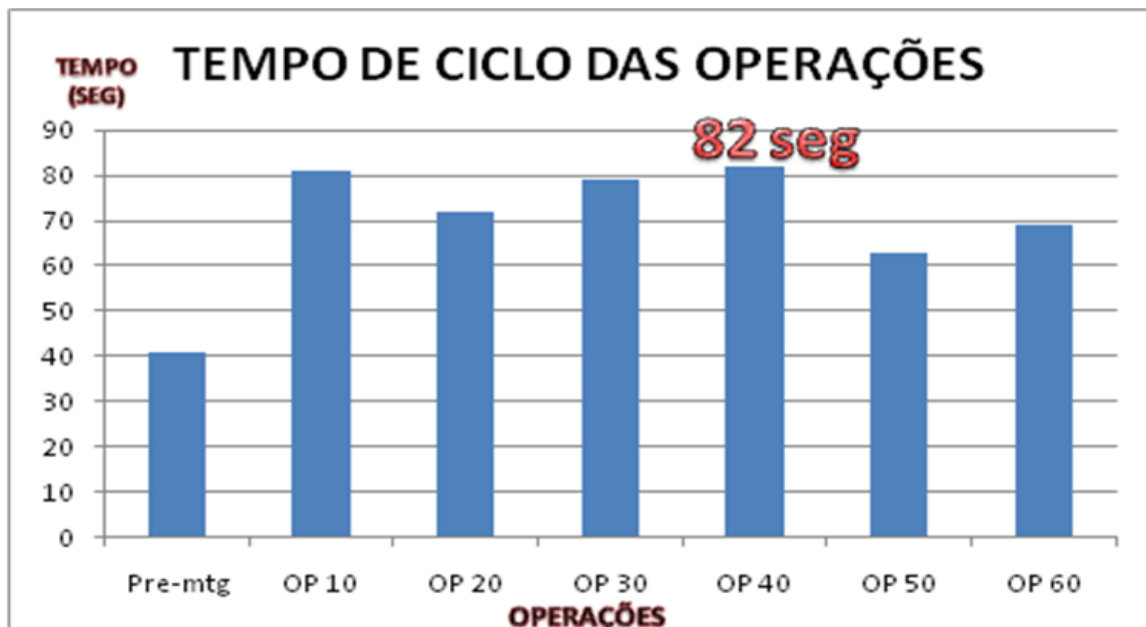
Após todos os equipamentos prontos foram feitos muitos testes antes de colocá-los na linha de montagem. É necessário ter certeza absoluta de que os equipamentos são confiáveis, pois é preciso garantir a qualidade dos produtos.

Após definição do layout e mudança para o novo formato, foram inseridos os novos equipamentos na linha

5. RESULTADOS APURADOS

Após todas as modificações citadas no capítulo anterior estarem concluídas, ainda foram feitas algumas alterações na velocidade dos movimentos dos atuadores hidráulicos e pneumáticos para diminuir o tempo de espera de ciclo máquina, e também alguns dispositivos pequenos para que o operador prepare alguns componentes enquanto espera o ciclo máquina, para diminuir o tempo que a máquina fica parada esperando o operador tirar a peça pronta e colocar os componentes a serem processados, porém não foram abordados neste trabalho, por motivo de sigilo.

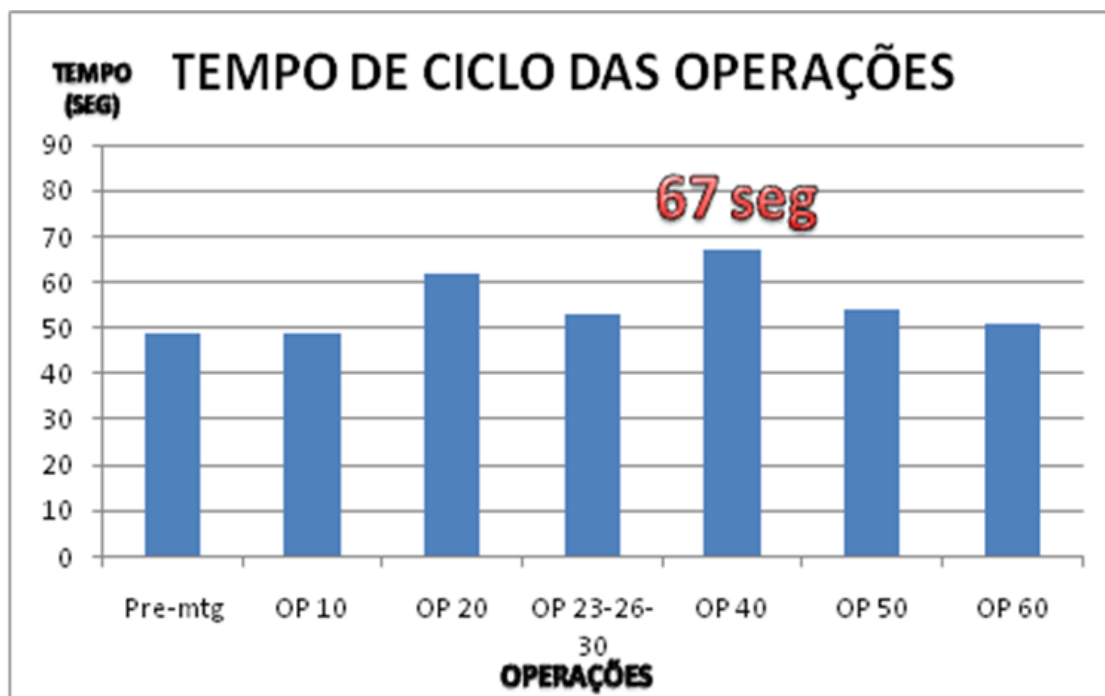
Veja abaixo o gráfico de balanceamento da linha nas situações antes das melhorias:



(Gráfico 1) – Tempo das operações – Autor (Próprio)

- Gráfico das operações **desbalanceadas**, indicando o tempo de montagem de cada posto de trabalho da linha de cilindro tristop antes das melhorias, como é observado, há uma grande divergência de tempo entre as operações, o qual gera um baixo rendimento produtivo, onde se tem o tempo da operação gargalo de 82 seg./peça.

Abaixo o gráfico de produtividade com o tempo de ciclo das operações com os tempos balanceados após todas as modificações:



(Gráfico 2) – Tempo das operações – Autor (Próprio)

- Gráfico das operações **balanceadas**, indicando o tempo de montagem de cada posto de trabalho da linha de cilindro tristop depois das melhorias, como pode ser observado a diferença de tempo entre os postos de trabalho já não é tão grande como no início do estudo, ou seja, as operações estão balanceadas. Para saber o ganho de produtividade deve ser observada a redução de tempo na operação gargalo, de 82 seg./peça para 67seg/peça. O ideal seria se todas as operações estivessem com o mesmo tempo, essa seria a linha perfeita.

Com todas as alterações feitas foi obtido um aumento de produtividade de aproximadamente 06 peças por hora, o que fez com que o atendimento aos clientes no prazo e na quantidade solicitada por eles fossem atendidos. Veja abaixo a tabela do atendimento em 2008, em 2009 com baixos volumes devido à crise e em 2010 com um alto volume que a empresa WABCO freios do Brasil possui para atender seus clientes.

ACTUATORS	Baseline (2008)	2009	Actual 2010
Fill Rate %	76%	97%	94%

(Tabela 4) – Atendimento dos clientes – Autor (Próprio)

- Tabela de atendimento dos clientes, indicando a porcentagem que atendemos nossos clientes em cima do volume de peças por eles solicitado no período mensal, já com a média anual, no caso de 2010 a media dos meses já trabalhados, porem em 2009 a empresa estava com um baixo volume de produção e em 2010 com o volume produtivo maior que o de 2008.

6. CONCLUSÃO

Concluiu-se que não é suficiente apenas focar no aumento de produtividade, pois em primeiro lugar vem a segurança e em seguida a qualidade. Com o passar do tempo surgem novas tecnologias, o que torna sempre possível a melhoria de qualquer processo produtivo.

Para se conseguir o aumento da produtividade desejada não basta comprar máquinas e equipamentos de última geração, pois existem muitos fatores que a influencia, tais como balanceamento do tempo produtivo das operações, Lay-Out, cooperação dos operadores, apoio da liderança e muita dedicação de todos os envolvidos, aliás, no inicio das alterações haviam pessoas que não acreditavam que era possível conseguir o aumento de 06 peças por hora, porém foi obtido o resultado prometido. O resultado passou de 42 peças por hora para 48. Obteve-se melhora na qualidade dos produtos. Os operadores tiveram sua responsabilidade minimizada, já que os vazamentos são detectados pelo equipamento. O cansaço físico foi diminuído igualmente, pelo motivo de não precisarem mais cravar o pino com o martelo e apenas inseri-lo no equipamento e pressionar o comando.

Atualmente a linha de cilindro trístop não esta suprindo os volumes existentes devido a novos produtos conquistados, com isso a diretoria da empresa está liberando verbas para a construção de uma nova linha de montagem até o inicio de 2011. Com certeza surgirão mais idéias de melhoria durante o processo de instalação da nova linha, as quais poderão ser aproveitadas como benefício para a linha já existente.

Durante as alterações notou-se que as sugestões apresentadas pelos operadores eram muito construtivas, com isso o departamento do lean manufacturing desenvolveu o projeto “INOWABCO”, os operadores colocam no papel, em qualquer momento, suas sugestões e após três meses as três melhores ideias são premiadas. Com isso gera-se motivação entre os colaboradores e é dada continuidade nas inovações e melhoras das linhas de produção.

Toda a melhoria realizada teve um valor de investimento de R\$ 164.000,00.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, L. C. G. Organização, Sistemas e Métodos. São Paulo: Atlas, 2001.

CANEN, Alberto G; WILLIAMSON, Geoff H, Facility Layout overview: towards competitive advantage, Facilities; Volume 16Nº7; 1998.

CHASE, Richard B. Administração da produção para a vantagem competitiva. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006

DHONDT, Steven; BENDERS, Jos, Missing links: Production structures and quality of working life in the clothing industry, international Journal of Operations and Production Management; Volume 18 nNº 12; 1998

FITZSIMMONS, James A. e FITZSIMMONS, Mona J. Administração de Serviços: operações, estratégia e tecnologia da informação. Porto Alegre: Bookman, 2000.

HALL, D.J.; FORD, T.Q., A quality approach to factory design? Industrial Management and Data Systems; Volume 98 Nº 6; 1998

LEE, Q. Projeto de Instalações e Local de Trabalho. São Paulo: IMAM, 1998.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI Fernando P. Administração da produção. São Paulo: Saraiva, 2001.

MONDEN, Yasuhiro, IMAM, Produção sem Estoques uma Abordagem Prática ao Sistema de Produção da Toyota, 1984.

SHA, DY; CHEN, Chien – wen, A new approach to the multiple objective facility layout problem, Integrated Manufacturing Systems; Volume 12nº 1; 2001

SHINGEO BOOKMAN, O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção, 1996.

WE-MIM CHOW. Assembly line design: methodology and applications. New York: Marcel Dekker Inc., 1990. 430 p.

YANG, T.; SU, C.; HSU, Y. Systematic Layout Planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities. International Journal of Operations Production Management, v. 20, p. 1359-1371, 2000.

7.1 REFERÊNCIAS OBTIDAS NA INTERNET

Engenheiro Douglas Moura Miranda, graduado na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), assessor industrial do Centro Integrado de Produtividade Industrial (CIPi), especializado nas metodologias: 6 Sigma, Cronoanálise, Lean Manufacturing, TPM, TQM.
http://www.partnerconsulting.com.br/artigos_det.asp?pagina=4&artigo=98

Pedro Antônio Mendonça EJEPE - Empresa Junior de Engenharia de Produção Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC Campus Trindade - Departamento de Engenharia de Produção.
<http://www.ejep.ufsc.br/web/index.php/areas-de-atuacao/layout>

<http://www.wabco-auto.com/pt/about-us/valores/seguranca>

<http://www.wabco-auto.com/pt/about-us/valores/meio-ambiente>