

Otimização das operações de uma linha de produção em empresa de autopeças na região de Piracicaba/SP – Estudo de caso

Mazzonetto, Alexandre Witier
Rocha, Eliseu José da
Lemos Jr., José Valter Lisboa

Resumo

As empresas otimizam seus recursos produtivos para reduzir custos, ampliar os seus lucros, melhorar a eficiência e, assim, serem mais competitivas em seus segmentos. Este trabalho teve como objetivo analisar e propor melhorias ao processo de montagem de componentes automotivos em uma linha de produção com foco no balanceamento da linha avaliada, na melhoria do layout e no estudo de tempos. Esta pesquisa foi realizada em uma empresa de autopeças na região de Piracicaba/SP, em que foram tomados os tempos dos processos produtivos e implantadas alterações no layout da linha estudada. Esta linha foi otimizada, aplicando-se conceitos de "lean manufacturing" possibilitando uma redução no número de colaboradores e redução do tempo do ciclo da linha. As alterações implantadas fizeram com que empresa atendesse à demanda de clientes e melhorasse a produtividade da linha otimizada. Estas alterações produziram um aumento equivalente a 8.556 novas unidades produzidas por ano (um percentual de 4,5% sobre produção total); realocando a mão-de-obra excedente em novos projetos da empresa.

Palavras-chave: Aumento da Produtividade; Balanceamento da Linha; Otimização da Produção; Manufatura Enxuta.

Abstract

Companies optimize their productive resources to reduce costs, increase profits, improve efficiency and thus be more competitive in their segments. This work aimed to analyze and propose improvements to the assembly process of automotive components in a production line with a focus on balancing the evaluated line, improving the layout and the study of times. This research was carried out in an auto parts company in the region of Piracicaba / SP, where the production process times were taken and changes in the line layout were implemented. This line has been optimized by applying lean manufacturing concepts, enabling a reduction in the number of employees and a reduction in line cycle time. The implemented changes made the company meet customer demand and improve the productivity of the optimized line. These changes produced an increase equivalent to 8,556 new units produced per year (a percentage of 4.5% of total production); reallocating surplus workforce into new company projects.

Keywords: Productivity increase; Line Balancing; Production Optimization; Lean manufacturing

Resumen

Las empresas optimizan sus recursos productivos para reducir costos, ampliar sus ganancias, mejorar la eficiencia y de esa forma ser más competitivas en sus segmentos. El objetivo de este trabajo fue analizar y proponer mejoras al proceso de montaje de componentes automotrices de una línea de producción; con foco en el balanceo de la línea evaluada, en mejorar el layout y el estudio de tiempos. Esta investigación fue realizada en una empresa de autopartes en la región de Piracicaba/SP, donde se evaluó los tiempos de

los procesos productivos e implantados cambios en el layout de la línea estudiada. Esta línea fue optimizada con cambios en el diseño y en los tiempos de las operaciones, posibilitando una reducción en el número de colaboradores, disminución del tiempo del ciclo de la línea, atendiendo la demanda y aplicando conceptos de “lean manufacturing”. Se analizaron los estudios realizados y discutieron los posibles cambios en una línea de componentes automotrices. Los cambios implantados hicieron que la empresa atendiera la demanda y perfeccionara la productividad de la línea optimizada. Los resultados condujeron a una reducción de etapas, de operadores y del tiempo del ciclo productivo. Las alteraciones produjeron un aumento equivalente a 8556 nuevas unidades producidas por año o un porcentaje del 4,5% sobre producción total; reubicando la mano de obra excedente para nuevos proyectos de la empresa.

Palabras claves: Aumento de Productividad; Equilibrio de línea; Optimización de la producción; Fabricación de Enxuta.

INTRODUÇÃO

O mercado automobilístico, após um período de crescimento passou por um momento de desaceleração, ocorrida entre 2015 e 2016. A redução da demanda por carros nacionais refletiu diretamente na produção.

Segundo a ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (2016), a cadeia automotiva é uma das mais extensas da indústria brasileira, responsável por 22% do PIB Industrial e 4% do PIB total; emprega direta e indiretamente 1,6 milhão de pessoas e gera R\$ 40 bilhões de tributos diretos sobre veículos.

No início do século XX, o americano Frederick Taylor idealizou um método conhecido como Organização Racional do Trabalho (ORT). Por meio de uma análise científica foram apurados os tempos e movimentos realizados dentro do processo, a fim de torná-los mais rápidos e eficientes, eliminando-se movimentos desnecessários.

Este estudo teve como objetivo a otimização dos esforços dos colaboradores e dos movimentos indispensáveis em uma linha, para melhoria dos indicadores operacionais, diminuição dos custos e melhora na eficiência e ganho na produtividade. Esta pesquisa avaliou os processos de uma empresa de autopeças, identificou os gargalos em uma linha de produção de componentes automotivos e as etapas que poderiam ser otimizadas, melhorando os *takt-time's* de algumas etapas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conceitos de Produção

O termo produção se refere a qualquer tipo de atividade destinada à fabricação, elaboração ou obtenção de bens e serviços. No entanto, a produção é um processo complexo que exige vários fatores que podem ser divididos em três grandes grupos: a terra, o capital e o trabalho. A terra é o fator produtivo que engloba os recursos naturais; o trabalho é o esforço humano destinado à criação de benefício; e finalmente, o capital é um fator derivado dos outros dois e que representa o conjunto de bens que além de poder ser consumido diretamente, também serve para aumentar a produção de outros bens. As empresas estão continuamente se reorganizando de modo cada vez mais inovador, buscando reduzir custos (CHIAVENATO, 2001).

Sequenciamento e Produção

Slack *et al* (1999) afirmam que através de cinco objetivos de desempenho, a função produção contribui para a vantagem competitiva da organização. Sendo eles:

- a) Objetivo qualidade: objetiva fazer corretamente as coisas e envolve um aspecto tanto interno (eficiência da organização), quanto externo (satisfação do consumidor);
- b) Objetivo rapidez: minimizar o tempo entre o consumidor solicitar os bens ou serviços e o tempo de recebê-los;
- c) Objetivo confiabilidade: se traduz em produzir bens ou oferecer serviços no tempo que foi prometido ao consumidor;
- d) Objetivo flexibilidade: é a capacidade de mudar a operação de alguma forma, para satisfazer o consumidor;
- e) Objetivo custo: almeja um custo menor ao produzir seus bens e serviços, pois menor também será o preço aos seus consumidores.

Planejamento e Controle da Produção – Evolução

Segundo Quelhas (2008), produção de bens de consumo nos moldes tradicionais teve início com a Revolução Industrial, a partir do século XVII, quando foram criados meios para a produção e consumo em massa, porém, desenvolvidos de forma pouco sistematizada. O sistema de PCP (Planejamento e Controle de Produção) evoluiu junto com a ciência da administração, com os estudos de *Henry Ford* e *Frederick W. Taylor*, na primeira década do século XX.

De acordo com Slack *et al* (2009), planejamento diz respeito à identificação da necessidade do mercado (demanda). Para atender às demandas provenientes do mercado, a organização precisa adotar diferentes estratégias e suportar as oscilações do mercado. Rodrigues (2011) cita três estratégias para administrar a capacidade produtiva, são elas:

- a) Política de capacidade: estabelece um nível constante de capacidade durante todo o período de planejamento, sem considerar as flutuações de demanda, atingindo alta utilização do processo. Normalmente criam-se estoques consideráveis, que precisam ser financiados e armazenados.
- b) Política de acompanhamento da demanda: ajusta a capacidade aos níveis de demanda prevista. É utilizada por empresas que não conseguem estocar sua produção. Se a empresa apresenta grandes variações na demanda e emprega pessoal temporariamente, pode ocorrer perda de qualidade nos produtos e insegurança nos processos.
- c) Gerenciar a demanda: responsabilidade das áreas de vendas e planejamento, o objetivo é transferir as demandas dos períodos de pico para a produção nos períodos mais tranquilos e com isso maximizar os lucros das organizações.

***Lean Manufacturing* – Manufatura Enxuta**

A Produção Enxuta surgiu no Japão, no período pós Segunda Guerra Mundial, cuja proeminente aplicação se deu na *Toyota Motor Company*. Devastado pela guerra, o Japão não

dispunha de recursos para realizar altos investimentos necessários para a implantação da produção em massa, que caracterizava o sistema implantado por *Henry Ford* e *General Motors*. Além disso, no país existiam outras séries de problemas e desafios a serem contornados como: mercado interno limitado, demandando por vasta variedade de produtos; necessidade de mão-de-obra organizada e a existência de vários fabricantes de veículos no mundo interessados em ingressar no Japão, dentre outros. A partir daí, surgiu a necessidade de se estabelecer um novo modelo gerencial, nascendo, assim, o Sistema Toyota de Produção ou Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*), estruturado por *Taiichi Ohno*, vice-presidente da *Toyota*. Os objetivos fundamentais deste novo sistema caracterizaram-se por qualidade e flexibilidade do processo, ampliando sua capacidade de produzir e competir no cenário internacional (MOREIRA, 2011).

Ferramentas *Lean*

Conforme Pascal (2008) descreve, os métodos e ferramentas *Lean* fazem parte, não apenas de uma relação de ferramentas para otimização de processos, mas principalmente como uma filosofia de produção que envolve toda a cadeia de fluxo de valor. A base do sistema *Lean* é estabilidade e padronização. O coração do sistema é o envolvimento: membros de equipe flexíveis e motivados constantemente à procura de uma forma melhor de fazer as coisas.

Just In Time (JIT) é uma filosofia de manufatura, uma forma de abordar, atender e conduzir as atividades manufatureiras da organização. A base dessa filosofia é a eliminação planejada e sistemática do desperdício, levando a um melhoramento contínuo da produtividade. A expressão *Just In Time* pode ser traduzida como “na hora certa” (CONTADOR, 2010).

Segundo Fernandes & Godinho Filho (2010) os setes tipos de desperdícios que devem ser eliminados são os seguintes:

- a) Superprodução: produzir mais do que é necessário é uma das principais fontes de desperdício: por isso, buscam-se lotes de produção pequenos (se possíveis unitários);
- b) Tempo de Espera: a eficiência da máquina e da mão de obra podem ser utilizadas para medir o tempo de espera do processo, porém, o tempo gasto para fabricar estoque excedente também pode ser entendido como tempo de espera;
- c) Transporte: a movimentação de materiais no interior da fábrica é um tipo de desperdício que pode ser reduzido com mudança no *layout* produtivo;
- d) Processamento: nem todas as operações no processo produtivo são realmente necessárias e, portanto, são fontes de desperdícios que devem ser eliminadas;

- e) Estoque: é o tipo de desperdício que atrai maior atenção e deve ser eliminado ou pelo menos diminuído;
- f) Movimentação: estão relacionados aos movimentos desnecessários do trabalhador quando está realizando sua tarefa;
- g) Produtos Defeituosos: defeitos são desperdícios, uma vez que o produto terá que ser refeito. Isso deve ser combatido a todo custo.

Algumas causas e suas possíveis soluções que estão atreladas a cada desperdício apresentado estão descritas segundo Nazareno (2003), no Quadro 1.

Quadro 1. Causas e Soluções para Tipos de Desperdícios

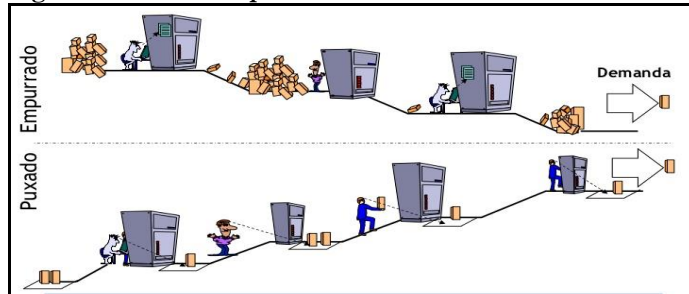
Desperdícios	Possíveis Causas	Possíveis soluções
Superprodução	Áreas grandes de depósitos; Custos elevados de transporte; Falhas no PCP	Reduzir Setup; produzir só o necessário “Puxar” a produção
Transporte Excessivo	Layout inadequado; projetar layout para minimização do transporte; Lotes grandes; Produção com grande antecedência	Projetar layout para minimização do transporte. Reduzir a movimentação de material.
Estoque	Aceitar superprodução. Produto obsoleto. Grande flutuação de demanda	Sincronizar o fluxo; reduzir “ <i>setups</i> ”. Reduzir “ <i>lead times</i> ”. Realizar a produção acompanhando a demanda. Promover a utilização de projeto modular dos produtos. Reduzir os demais tipos de desperdícios.
Espera	Espera por materiais; Espera por informações; Layout inadequado; Imprevistos de produção	Sincronizar o fluxo de material; balancear a linha com trabalhadores flexíveis; Realizar a manutenção preventiva
Defeitos	Processos de fabricação inadequados Falta de treinamento Matéria prima defeituosa	Utilizar mecanismo de prevenção de falha. Não aceitar defeitos.
Processamento Inadequado	Ferramentas inadequadas; Falta de padronização; Material inadequado Erros ao longo do processo.	Analisar e padronizar processos. Garantir a qualidade do material, ferramentas e dispositivos.
Movimentação Excessiva	Layout inadequado. Padrões inadequados de ergonomia. Disposição e/ou controle inadequado de peças, matéria-prima, material de consumo, ferramentas e dispositivos. Itens perdidos.	Adotar sistemas de controle pertinentes.

Fonte: Adaptado de Nazareno (2003).

O conceito de produção puxada se diferencia do conceito de produção empurrada utilizado na produção em massa no seguinte aspecto: na produção empurrada grandes lotes de produtos são produzidos em ritmo máximo, pois trabalhadores e máquinas não devem ficar ociosos, assim, o ritmo e as necessidades da próxima etapa não são considerados, o que acarreta em altos estoques de matéria-prima, de material e produtos acabados, como mostra a Figura 1,

resultando em um produto de alto valor para o consumidor; contrário da produção puxada, que só produz o que foi solicitado pelo cliente (WOMACK; JONES, 2004).

Figura 1. Sistema Empurrado e Sistema Puxado



Fonte: Corrêa e Corrêa (2004).

Conforme Liker (2007) considera-se que o fluxo unitário de peças, também chamado de “fluxo contínuo” acontece através de uma movimentação ordenada e continuada das peças no decorrer do processo produtivo, com um tempo mínimo de espera entre as etapas e a menor distância de deslocamento. Para se ter uma estratégia de fluxo contínuo que atenda às necessidades da manufatura enxuta, há necessidade de se adotar critérios básicos para que o fluxo aconteça de forma uniforme, são eles:

- a) Garantir uma capacidade sistemática de produção;
- b) Disponibilidade de recursos que atendam às necessidades de produção;
- c) Confiabilidade dos processos e equipamentos;
- d) Os tempos de ciclo de operações devem ser equilibrados.

Para Ericksen (2014) o *Lead time* (tempo do pedido até a disponibilidade para o cliente) pode representar uma vantagem competitiva se a empresa for capaz de garantir suporte quando há imprevisto com os pedidos dos clientes. Considerando que as atividades *Lean* dentro das organizações são isoladas e não demonstram os reais resultados que poderiam alcançar caso a empresa como um todo esteja envolvida no mesmo objetivo.

Segundo Tubino (2009) o *Lead time* pode ser entendido como uma medida do tempo gasto pelo sistema produtivo para transformar matérias-primas em produtos acabados. Ao acompanhar o fluxo produtivo de um item, é possível identificar, quatro grupos de tempo que compõem o lead time: esperas - que é o componente de maior peso que compõe o lead time, processamento, inspeção e transporte.

Araújo (2011) considera que o arranjo físico deve ser estabelecido a partir do estudo planejado do sistema de informação relacionado com a distribuição de equipamentos e pessoas pelo espaço disponível, da forma mais racional possível.

O fluxograma, de maneira geral, procura representar um processo passo a passo. Cada modelo de fluxograma deve ter a sua finalidade específica, ou ficará a critério do gestor a utilização desse ou daquele modelo. É evidente que não existe a gestão de processos com a simples aplicação do fluxograma, pois este apenas registra, um único processo e raramente menciona alguma correspondência com outros processos (ARAÚJO, 2011).

O princípio de Pareto consiste na análise de 80% das dificuldades se originam de apenas 20% dos problemas, ou seja, como exemplos em uma indústria que podemos analisar que 80% das não conformidades de uma empresa, em suma se originam de 20% das mesmas causas. O objetivo é buscar identificar de onde originam a maioria dos problemas. É muito importante ter a identificação visual, ou seja, aplicar as informações em um gráfico, pois através dessa disposição, torna mais fácil a identificação e visualização das informações que o Diagrama tem por objetivo demonstrar. Com o uso de Pareto, se torna mais fácil identificar problemas, analisar diferentes tipos de dados e informações, medir o impacto de alterações podem causar no processo e detalhar de forma fácil e visual onde se concentra a maior parte dos problemas (SILVEIRA, 2016).

METODOLOGIA DE PESQUISA

O trabalho foi realizado em uma empresa de autopeças da região de Piracicaba – SP.

A empresa possibilitou a investigação junto aos departamentos envolvidos no projeto; produção, qualidade, engenharia de processo, manutenção e administração para analisar uma linha de produção e que contribuir para os interesses da empresa.

A análise de Pareto está fundamentada no fato de que poucas causas são responsáveis pela maioria dos defeitos. Pode ser entendido como 20% dos eventos sendo responsáveis por 80% das falhas. Deve ser construído a partir de uma folha de dados, sendo um gráfico de barras que mostra a frequência de dados e ordena as informações de maneira a poder determinar as prioridades para o processo de análise e melhorias (HANSEN, 2008).

Com o auxílio da engenharia de processos o tempo de cada etapa da linha foi mensurado em três horários alternados: começo, meio e fim de cada turno, considerando que a empresa trabalha com dois turnos de produção. Esses tempos foram coletados pelos participantes do projeto, membros da equipe de engenharia do processo, membros da equipe de qualidade, supervisor da área e pesquisadores.

Para Pascal (2008), o *takt-time* fornece a frequência de demanda, ou seja, com que frequência se deve produzir um produto, calculado

$$Takt = \frac{\sum \text{Tempo de operação diária}}{\sum \text{Quantidade exigida por dia}}$$

Por exemplo, se o pedido diário é de 890 unidades e a empresa opera com dois turnos de 445 minutos cada, o tempo *takt* é:

$$Takt = (445 + 445)/890 \text{ unidades} = 1 \text{ minuto}$$

Assim, a produção deve ser de um produto por minuto.

Manufaturas de Autopeças

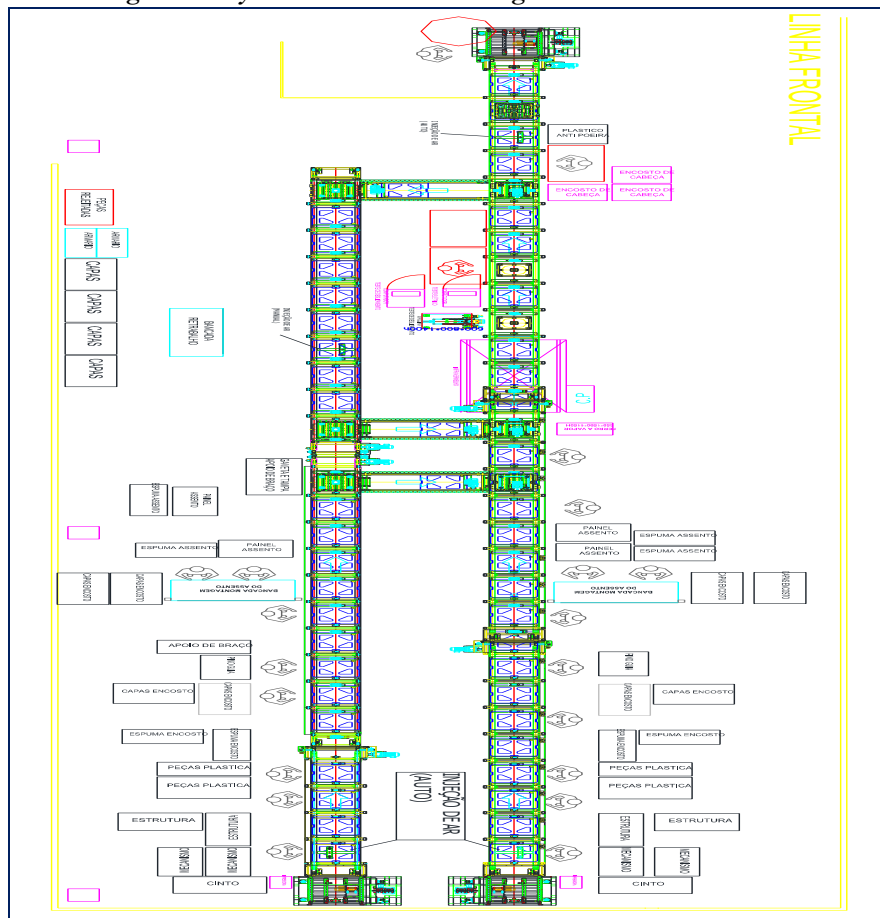
A empresa onde foi realizado o estudo de caso é uma multinacional que produz componentes automotivos. Na linha estudada existiam vinte estações de trabalho de processo produtivo, uma estação de teste de deslizamento e duas de inspeção visual.

A linha de produção estudada era composta por: vinte operadores de produção, um facilitador, um líder de produção e dois inspetores de qualidade. Os operadores são responsáveis pela montagem de cada etapa do produto em cada estação de trabalho. Os inspetores realizam as inspeções de qualidade do produto acabado e determinam se o mesmo está conforme ou não conforme. O facilitador auxilia a produção e controle de qualidade do processo, bem como também fornece suporte de mão de obra na ausência de algum colaborador. O líder é responsável pelo controle de volume de produção, absentéismo dos colaboradores, clima organizacional da equipe, ocorrências de parada de linha de produção e o reporte diário de produção.

Layout ou Arranjo Físico da Linha de Montagem

A Figura 2 exemplifica o *layout* da linha de montagem de componentes automotivos. Este *layout* é a condição inicial do processo de trabalho, sobre ela foi realizado o estudo.

Figura 2. Layout da Linha de Montagem



Fonte: Autores.

Operações de montagens na linha de produção no plano atual

Sequência de montagem nos postos 2a e 9a – Montagem:

- 1) Verificar na tela do computador qual o produto a ser montado;
- 2) Colocar película antirruído no painel;
- 3) Colocar a espuma no painel;
- 4) Colocar cobertura sobre a espuma;
- 5) Grampear a cobertura.

Sequência de montagem postos 2b e 9b – Montagem:

- 1) Revestir completamente a espuma com a cobertura;
- 2) Fixar as presilhas na parte inferior;
- 3) Finalizar a operação no sistema do computador.

Sequência de montagem postos 3 e 10 – Pré montagem:

- 1) Verificar na tela do computador qual o produto a ser montado;
- 2) Fixar o trilho no dispositivo;
- 3) Escanear o código de barras do cinto e observar se o sistema confirmou a leitura;

- 4) Pré-montagem do cinto de segurança;
- 5) Colocar o parafuso de fixação;
- 6) Fixar o cabo elétrico do cinto na estrutura metálica;
- 7) Colocar a etiqueta de informação do produto.

Sequência de montagem postos 4 e 11 – Montagens da estrutura do encosto e torques:

- 1) Verificar no sistema qual a estrutura do encosto que será utilizada;
- 2) Posicionar estrutura do encosto, na estrutura do assento;
- 3) Scanear o código de barras do fornecedor na estrutura do encosto;
- 4) Apertar os 4 parafusos da estrutura do encosto utilizando a ferramenta pneumática;
- 5) Verificar no sistema todos os torques.

Sequência de montagem postos 5 e 12 – Montagens das peças plásticas:

- 1) Checagem nos torques na estrutura metálica com o torquímetro de estalo;
- 2) Colocar cobertura plástica lateral grande;
- 3) Prefixar através dos encaixes rápidos;
- 4) Colocar acionador de ajuste de inclinação na alavanca reclinável e fixar os parafusos nas peças;
- 5) Colocar cobertura plástica lateral pequena e fixar os parafusos;
- 6) Posicionar e fixar os reguladores de altura.

Sequência de montagem postos 6 e 13 – Grampear e revestir o encosto:

- 1) Verificar no MES qual o tecido a ser utilizado;
- 2) Posicionar o revestimento na espuma do encosto;
- 3) Grampear cobertura na espuma;
- 4) Revestir encosto.

Sequência de montagem postos 7 e 14 – Fixar travas de revestimento:

- 1) Fixar as travas do revestimento (04 posições) - Parte Traseira;
- 2) Fechar o zíper e Grampear (5 posições) - Parte Inferior da Cobertura.

Sequência de montagem postos 8 e 15 – Fixação:

- 1) Verificar na tela do computador qual o produto a ser montado;
- 2) Montar guia do apoio de cabeça;
- 3) Colocar assento montado na estrutura;
- 4) Fixar assento montado (4 parafusos);
- 5) Fixar cabo do cinto de segurança no painel.

Sequência de montagem postos 16 e 17 – Remoção de rugas:

- 1) Aplicar o ferro a vapor na peça conforme sequência a seguir;

- 2) Passar primeiramente a parte inferior e as laterais;
- 3) Virar a peça e passar a parte de trás;
- 4) Rebater o dispositivo e passar a parte frontal.

Sequência de montagem posto 21 – Colocação de plástico antipoeira e apoio de cabeça:

- 1) Colocar cobertura plástica no banco lado A;
- 2) Colocar cobertura plástica no banco lado B;
- 3) Posicionar o dispositivo corretamente;
- 4) Colocar apoio de cabeça.

Sequência de montagem posto 22 – Carregamento dos bancos:

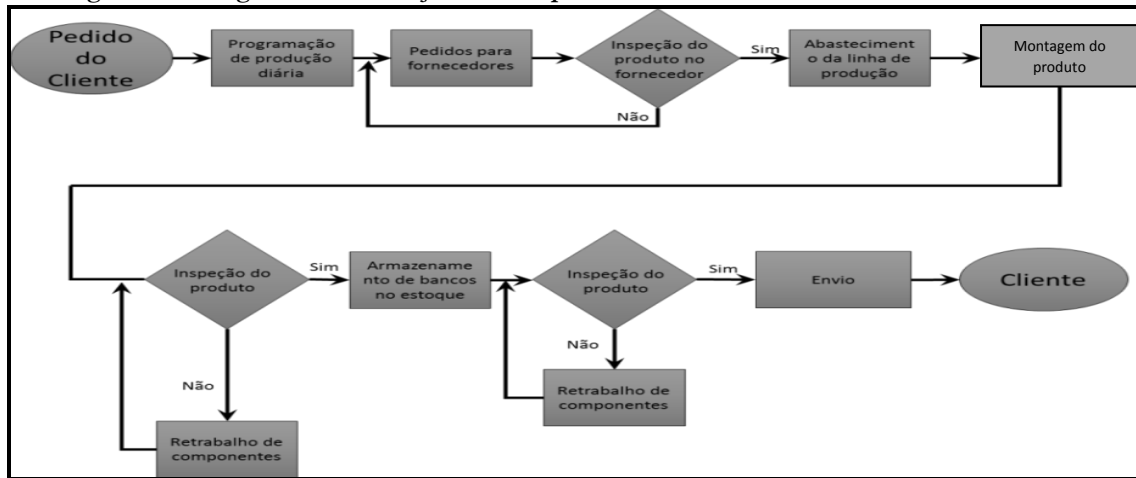
- 1) Afixar garra do balancin na peça RH;
- 2) Mover a peça e alocar no palete RH e acionar pedal para retorno do JIG;
- 3) Escanear código de barra do produto RH;
- 4) Afixar garra do balancim na peça LH;
- 5) Mover a peça e alocar no palete LH;
- 6) Escanear código de barra do produto LH.

Fluxograma do Processo para Fabricação de Componentes Automotivos

O pessoal do processo de montagem dos componentes iniciais, a partir da informação de ordem de produção recebida do cliente realizou o pedido para os fornecedores, na quantidade e modelo exatos. Feito isto, este material era enviado para a inspeção de qualidade de recebimento. Aprovado, seguia o fluxo para abastecimento da linha de produção. Caso o material fosse rejeitado era identificado e devolvido para o fornecedor realizar a substituição. Abastecida a linha de produção realiza-se a montagem e o produto acabado passava por outra inspeção de qualidade, porém, o conjunto já está completo, se aprovado segue o fluxo para armazenagem no estoque, se rejeitado, segue para a área de retrabalho, onde substitui-se o componente que apresentou problema. A Figura 3 apresenta como foi realizado o processo de fabricação de componentes automotivos dentro da empresa.

Figura 3. Fluxograma de Produção de Componentes Automotivos

Figura 3. Fluxograma de Produção de Componentes Automotivos



Fonte: Autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fluxograma

O fluxograma apresenta a sequência de operações da produção, desde a entrada do componente em linha, passando por operações de montagem, testes elétricos e visuais, finalizando com a aprovação do departamento de qualidade.

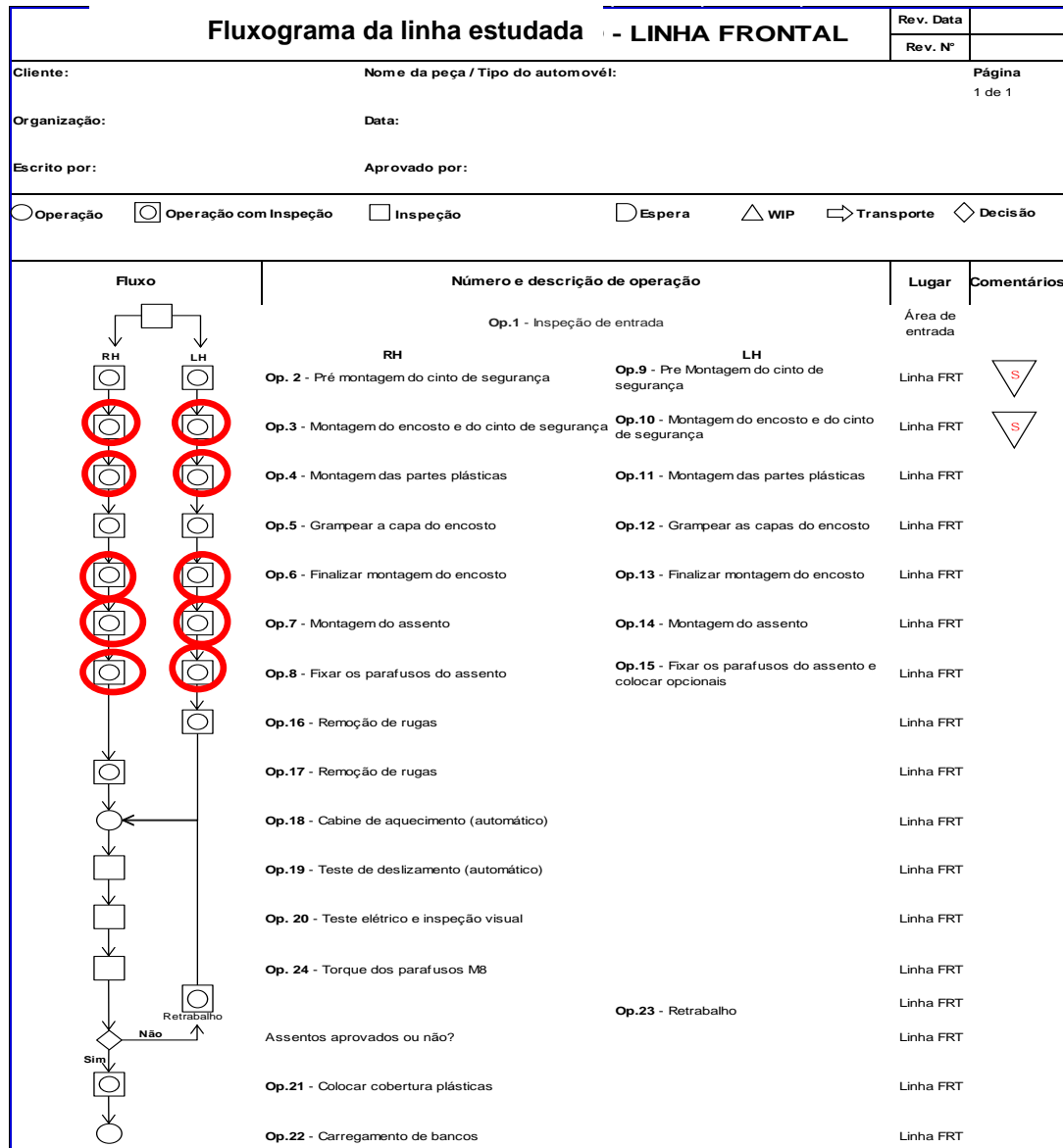
Foram tomados os tempos padrão do ciclo de produção, o *takt-time* de cada etapa da produção, e foram levantadas as informações para aperfeiçoar o processo produtivo, auxiliar na definição do balanceamento de linha, obtendo a taxa de produção desejada com o menor número de estações de trabalho.

Após a finalização da coleta de dados, foi realizada uma avaliação para demonstrar os ganhos com a melhoria do processo e definidos os novos *takt-times* das operações.

A Figura 4 mostra o fluxograma das rotinas diárias executadas dentro do processo de fabricação da linha estudada. As operações de cada estação de trabalho, representadas por símbolos, passaram por avaliação da equipe do projeto.

Para conduzir as discussões sobre o projeto, foram destacadas com um círculo vermelho cada operação analisada, a fim de alterar as estações.

Figura 4. Fluxograma das operações da linha estudada



Fonte: Autores.

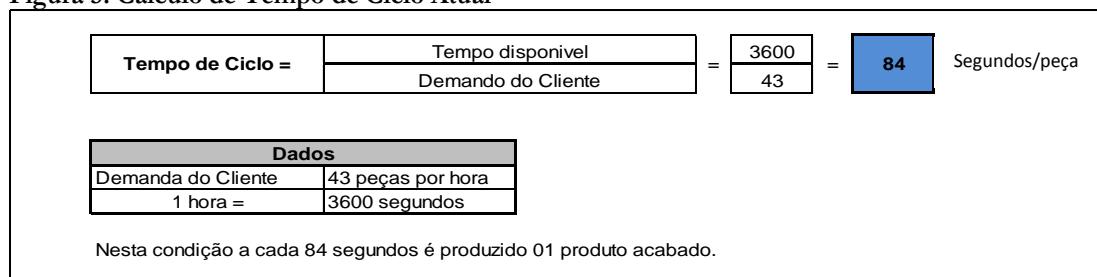
Tempos de Ciclo

Os tempos do ciclo de produção (da linha) são necessários para determinar o tempo de execução de uma peça ou determinado trabalho a ser realizado em uma operação (do início ao produto acabado), ou seja, corresponde ao tempo necessário para atender a demanda do produto.

Com o tempo do ciclo evidenciou-se o gargalo que poderia comprometer a operação e o *takt-time* da demanda. Assim, estabeleceu-se o tempo máximo de execução de uma determinada operação para conclusão de uma determinada tarefa.

A Figura 5 apresenta o cálculo que representa a atual demanda do produto a que se refere este estudo de caso, observou-se que a demanda do cliente está baseada em 43 produtos automotivos por hora de trabalho, obtendo-se um ciclo de tempo de 84 segundos por peça produzida.

Figura 5. Cálculo de Tempo de Ciclo Atual



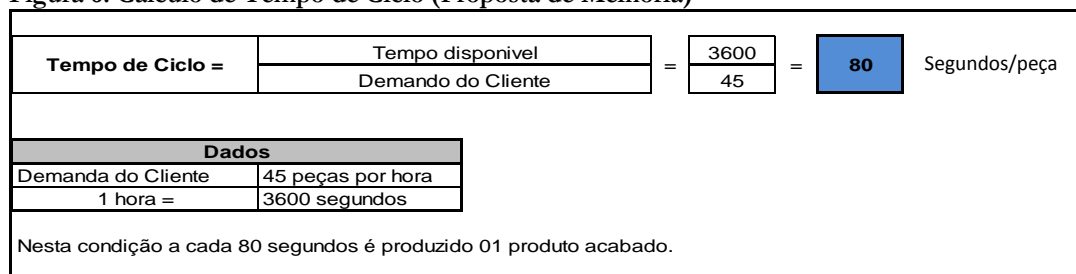
Fonte: Autores.

O cálculo da produção foi baseado na condição: 1 unidade a cada 84 segundos; 43 unidades a cada hora; 696 unidades a cada dia (considerando 2 turnos); 15.325 unidades a cada mês (considerando 22 dias); 183.900 unidades a cada ano.

Para atender a demanda do cliente e a entrada de novas atividades em outras áreas de produção sem precisar trabalhar horas adicionais ou realizar novas contratações de mão de obra, foi proposta uma melhoria na redução no tempo de ciclo nos postos de trabalho.

A Figura 6 apresenta um ganho de produtividade, passando a produzir 45 produtos automotivos por hora ao invés de 43 (na condição inicial), reduzindo o tempo de ciclo para 80 segundos para cada peça produzida (eram 84 segundos).

Figura 6. Cálculo de Tempo de Ciclo (Proposta de Melhoria)



Fonte: Autores.

As condições para este cálculo da produção foram: uma unidade a cada 80 segundos; 45 unidades a cada hora; 729 unidades a cada dia (considerando dois turnos); 16.038 unidades a cada mês (considerando 22 dias); 192.456 unidades a cada ano.

A redução no tempo do ciclo foi possível pela alteração do *layout* de linha, realocação de operações, instalação de novos equipamentos, tratando a operação gargalo e equalizando as demais operações.

Tempos de Operação de Cada Posto de Trabalho

Determinado o tempo de ciclo para cada operação, montou-se a Tabela 1 que descreve cada posto de trabalho distribuído na linha de produção estudada, com produtos similares sendo produzidos ao mesmo tempo em dois lados, sendo o primeiro lado A e o segundo lado B, sendo que ao final, sendo agrupados formam o produto automotivo que será enviado ao cliente no momento solicitado.

A coluna em azul representa demanda inicial do estudo, executada para uma produção/hora de 43 produtos automotivos em um *takt-time* de 84 segundos por peça produzida, representando também a necessidade inicial de postos de trabalho para se cumprir esse ciclo.

A coluna em verde representa a proposta de melhoria para uma produção de 45 produtos automotivos em um *takt-time* de 80 segundos por peça produzida, com uma nova configuração de necessidade de postos de trabalho para se cumprir o ciclo.

A cor vermelha utilizada na Tabela 1 foi utilizada nas operações em estudo que tornam viáveis a produção de 45 produtos/hora. Os postos que estão em destaque com (*) e o número zero foram agrupados, deixando de existir, e suas atividades passaram a pertencer ao posto anterior. Como consequência da mudança do agrupamento das atividades, os tempos dos postos agrupados tiveram aumento dos tempos.

Após a análise inicial e relocação de atividades, observou-se uma redução do tempo total de processo em aproximadamente 10%, representando assim um ganho produtivo devido à redução proposta no tempo de ciclo e atividades agrupadas.

A Tabela 1 apresenta os tempos de processo de cada posto de trabalho, evidenciando uma disparidade de tempo entre as operações em relação ao tempo de ciclo.

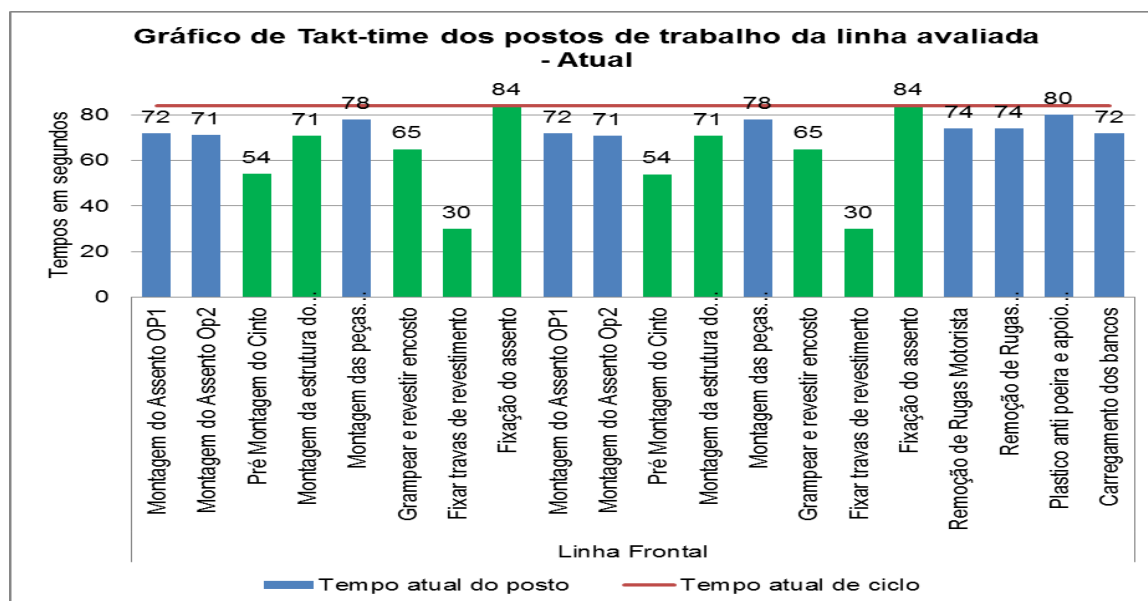
Tabela 1: Tempos de Processo de cada Posto de Trabalho

Tempos de Processo de cada Posto de Trabalho					
Nº do Posto	Posto de Trabalho	Tempo Atual do (s) Posto (s)	Tempo Atual de Ciclo (s)	Tempo Proposto do Posto (s)	Tempo Proposto de Ciclo (s)
2 A	Montagem do assento operação 01	72	84	72	80
2 B	Montagem do assento operação 02	71	84	71	80
3	Pré montagem do cinto	54	84	80	80
4	Montagem da estrutura do encosto e torque	71	84	0	0
5	Montagem das peças plásticas	78	84	78	80
6	Grampear e revestir encosto	65	84	80	80
7	Fixar travas de revestimento	30	84	0	0
8	Fixação do assento	84	84	80	80
9 a	Montagem do assento operação 01	72	84	72	80
9 B	Montagem do assento operação 02	71	84	71	80
10	Pré montagem do cinto	54	84	80	80
11	Montagem da estrutura do encosto e torque	71	84	0	0
12	Montagem das peças plásticas	78	84	78	78
13	Grampear e revestir encosto	65	84	80	80
14	Fixar travas de revestimento	30	84	0	0
15	Fixação do assento	84	84	80	80
16	Remoção de rugas componente A	74	84	74	74
17	Remoção de rugas componente B	74	84	74	74
21	Colocar antipoeira e apoio de cabeça	80	84	80	80
22	Descarregamento das peças da linha	72	84	72	72
Tempo Total do Processo		1350	Segundos	1222	Segundos

Gráfico de *Takt-Time* dos Postos de Trabalho da Linha Avaliada – proposto

O Gráfico 1 apresenta uma disparidade entre as operações executadas e o tempo de ciclo para cada operação, comprovando um desbalanceamento na cadeia de produção. Nota-se que existem operações bem abaixo do tempo de ciclo e outras no limite, até atingindo o valor máximo de *takt-time*. Sendo assim, havia uma oportunidade de intervenção para que as operações se tornassem mais balanceadas em cada posto.

Gráfico 1. Takt-time dos postos de trabalho da linha avaliada – proposto



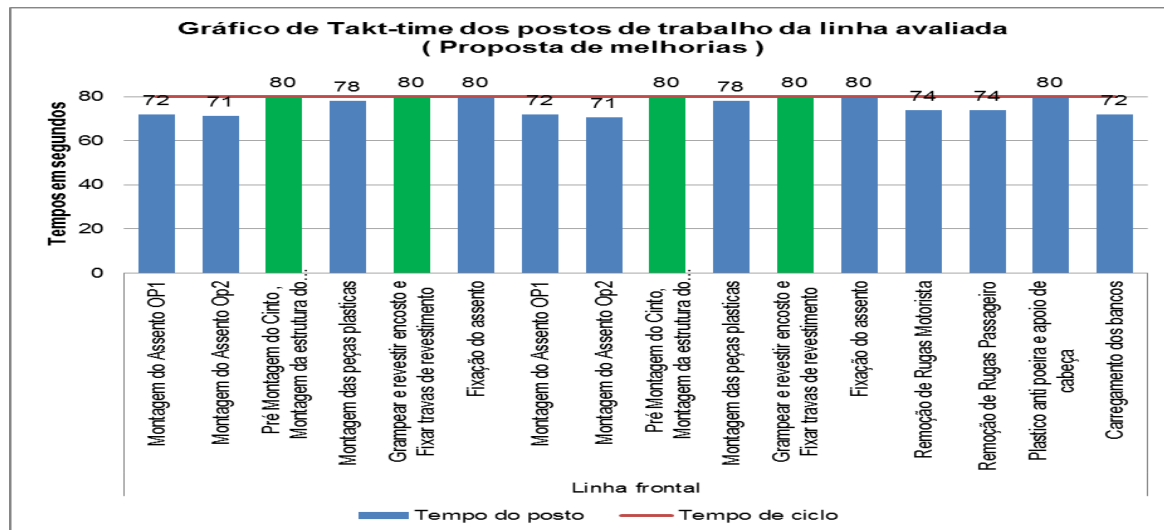
Fonte: Autores.

Para cada operação representada por uma coluna no Gráfico 2, existe um sequenciamento de atividades a serem executadas que compõem o conjunto do posto de trabalho. Os itens em destaque na coluna de cor verde representam as operações estudadas para proposta de melhoria nos processos.

Gráfico de Proposta de Melhoria

O Gráfico 2 apresenta o resultado com melhor balanceamento de linha, deixando as operações mais uniformes, reduzindo a diferença entre o tempo de cada operação e o *takt-time*. Os itens em destaque na coluna de cor verde representam as operações que obtiveram alteração em suas atividades.

Gráfico 2. Takt-time dos postos de trabalho da linha avaliada – (Proposta de melhorias).



Fonte: Autores

Conforme demonstrado no Gráfico 2, os postos de montagem 03/04 e 10/11 foram unificados tornando-se postos únicos onde é executado o processo de montagem. Estes postos assumem a denominação na folha de processo como posto 3 e posto 10. Após estudos aplicados, os seguintes postos passaram a realizar estas atividades: 1) Verificar na tela do computador qual o produto a ser montado; 2) Fixar o trilho no dispositivo; 3) Escanear o código de barras do cinto e observar se o sistema confirmou a leitura; 4) Pré-montagem do cinto de segurança; 5) Colocar o parafuso de fixação do cinto; 6) Fixar o cabo elétrico do cinto de na estrutura metálica; 7) Colocar a etiqueta de informação do produto; 8) Posicionar estrutura do encosto na estrutura do assento; 9) Escanear o código de barras do fornecedor na estrutura do encosto; 10) Apertar os 4 parafusos da estrutura do encosto utilizando a ferramenta pneumática; 11) Verificar no sistema todos os torques.

O agrupamento dos postos possibilitou um ganho de tempo no ciclo devido à reorganização do *layout*, com instalação de prateleira para reduzir o espaço de movimentação do operador; relocação da ferramenta eletrônica para aplicação de torque dos componentes automotivos - trazendo agilidade ao processo de fabricação neste posto de trabalho. Nestes postos foram possíveis as reduções de dois operadores, os quais foram realocados para uma nova função.

Conforme mostrado no Gráfico 2, os postos de montagem 06/07 e 13/14 também foram unificados, tornando-se postos únicos em cada lado que é executado o processo de

montagem. Estes postos assumem a denominação na folha de processo como posto 6 e posto 13.

Após estudos aplicados, os seguintes postos passaram a realizar estas atividades:

- 1) Verificar no MES qual o tecido a ser utilizado;
- 2) Posicionar o revestimento na espuma do encosto;
- 3) Grampear cobertura na espuma;
- 4) Revestir encosto;
- 5) Fixar as travas do revestimento - Parte Traseira;
- 6) Fechar o zíper e Grampear - Parte Inferior da Cobertura.

Com o agrupamento destes postos houve um ganho de tempo no ciclo devido à reorganização do *layout* do posto que reduziu a movimentação dos operadores. Estas alterações no *layout* reduziram dois postos – consequentemente, dois operadores tornaram-se disponíveis na linha, para serem realocados para uma nova função na empresa.

Os postos de montagem 8/15 não sofreram alterações nas atividades realizadas. Porém, deu-se uma redução no tempo de ciclo decorrente da reorganização das peças no novo *layout*, a instalação de um equipamento eletrônico para auxiliar a montagem do componente. Foi realizado um ajuste ergonômico na posição da ferramenta para auxiliar o operador a ter mais agilidade no processo de montagem do posto descrito.

Durante todo o período em que o estudo foi realizado, o foco principal foi reduzir o *takt-time* da linha. O novo *layout* proposto gerou ganhos ergonômicos e agilidade na execução de tarefas. O fator de fadiga dos operadores era outro item importante, dentro do tempo do ciclo, que foi considerado no cálculo, no qual o operador tende a perder o ritmo das operações conforme avança a jornada de trabalho. Foi aplicado um sistema de rotação de trabalho, de maneira que a cada hora o operador passa ao posto seguinte do ciclo total da linha, para assim, não tornar repetitiva a operação por horas de trabalho, evitando fadiga e L.E.R (Lesão por Esforço Repetitivo).

O novo cálculo do *takt-time* permitiu aumentar a produtividade anual de 183900 unidades para 192456 unidades, ou seja, um aumento equivalente a 8556 unidades por ano, o que significa um incremento de 4,5% na produção total. As instalações de novas ferramentas eletrônicas no lugar de ferramentas pneumáticas nos apertos dos parafusos trouxeram maior eficiência e agilidade para as operações da linha.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após estudo e reuniões sobre a linha de produção, sobre o *layout* das peças utilizadas durante o processo fabril, sobre as tomadas de tempos de cada movimento realizado pelos operadores, relatório de ganhos e perdas, foi possível encontrar soluções práticas que ajudaram a otimizar o processo de uma forma mais enxuta, que foram bem recebidas pela empresa.

A utilização do *lean* melhorou a eficiência nas atividades, permitiu redução da movimentação dos operadores, possibilitou a readequação do *layout* da linha melhorando o ciclo produtivo.

Com as melhorias e modificações aplicadas no projeto foram alcançadas as seguintes melhorias:

- 1- Balanceamento de linha: agrupamento de operações, possibilitando uma melhoria dos tempos nos postos de trabalho; melhoramento das condições ergonômicas sem diminuição da qualidade do produto através de distribuições de atividades por colaborador;
- 2- Readequação do *layout*: mudanças de dispositivos de matérias primas e também agrupamento de postos de trabalho, possibilitou um *layout* mais enxuto e uma condição mais adequada aos colaboradores; instalações de novas ferramentas eletrônicas no lugar de ferramentas pneumáticas nos apertos dos parafusos trouxeram maior eficiência e agilidade às atividades;
- 3- Novo *takt-time*: tornou as operações mais rápidas, com um menor tempo de ciclo, aumentando o equivalente a 8556 unidades por ano ou um aumento de 4,5% na produção total.
- 4- Instalações de novas ferramentas: eletrônicas no lugar de ferramentas pneumáticas nos apertos dos parafusos, trouxeram maior eficiência e agilidade às atividades;
- 5- Oferta maior de produto num tempo de ciclo menor e uma linha de produção mais enxuta.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, R. dos R.; ANTUNES JR., J. A. V. *TAKT-TIME*: conceitos e contextualização dentro do sistema toyota de produção. Gestão e Produção, São Carlos. 2001.

bioenergia em revista: diálogos, ano 8, n. 1, p.69- 92, jan./jun. 2018.

Mazzonetto, Alexandre Witier; Rocha, Eliseu José da; Lemos Jr., José Valter Lisboa

Otimização das operações de uma linha de produção em empresa de autopeças na região de Piracicaba/SP – Estudo de caso

ARAUJO, L. C. G. *Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional: arquitetura organizacional, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total e reengenharia*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

CÁLCULO do Takt Time e Avaliações. Disponível em:

<<http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.com.br/2015/04/calculo-do-takt-time-e-avaliacoes.html>>. Acesso em: 02 maio 2017.

CHIAVENATO, I. *Administração nos novos tempos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

CHIAVENATO, I. *Teoria Geral da Administração*. 7. ed. São Paulo: MANOLE, 2001. 436 p.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. *Just-in-time, MRP II e OPT - Um Enfoque Estratégico*. São Paulo: Atlas, 1993.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração da produção e operações – manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2004.

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M. (2010). *Planejamento e Controle da Produção dos Fundamentos ao Essencial*. São Paulo: Atlas, 2010.

HARRINGTON, J. H. *Gerenciamento Total da Melhoria Contínua – A nova Geração da melhoria de desempenho*. São Paulo: Makron Books, 1997.

HANSEN, R. C. *Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros*. Porto Alegre: Bookman, 2008.

JONES, G. R.; GEORGE, J. M. *Administração Contemporânea*. 4. edição. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

LIKER, J. K.; MÉIER, D. *O Modelo Toyota: Manual de aplicação*. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MIGUEL, P. A. C. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MOREIRA, Daniel Augusto. *Administração da Produção e Operações*. 2. ed. São Paulo: Cenage Learning, 2011. 624 p.

NAZARENO, R. R. (2003). *Desenvolvimento e aplicação de um método para implementação de sistemas de produção enxuta*. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos.

OLIVEIRA, D. de P. R. de. *Planejamento estratégico: conceitos, metodologia e práticas*. São Paulo: Atlas, 2007.

PARANHOS FILHO, M. *Gestão da Produção Industrial*. Curitiba: IBPEX, 2007.

PASCAL, D. *Produção Lean Simplificada*. São Paulo: Bookman, 2008.

PAULA, D. F. de. *Aplicação da técnica de planejamento e controle de produção (PCP) em micro e pequenas empresas*. Trabalho de Conclusão de Curso, São Paulo – SP 2009.

bioenergia em revista: diálogos, ano 8, n. 1, p.69- 92, jan./jun. 2018.

Mazzonetto, Alexandre Witier; Rocha, Eliseu José da; Lemos Jr., José Valter Lisboa

Otimização das operações de uma linha de produção em empresa de autopeças na região de Piracicaba/SP – Estudo de caso

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba: Unicenp, 2007.

QUELHAS, O. L. G. *Planejamento e Controle da Produção*. São Paulo: Elsevier, 2008.

ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a enxergar*. Tradução de Lean Institute Brasil. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1998.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. São Paulo. Atlas. 1999.

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

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas 3. Edição 2009.

SILVEIRA, E. *Diagrama de Pareto*. Disponível em: <http://www.8idea.com.br/blog/diagrama-de-pareto/> consultado 26/04/2018.

TUBINO, D. F. *Manual de Planejamento e controle da Produção*. 2. Edição. São Paulo: Atlas, 2000.

TUBINO, D. F. *Planejamento e controle de produção: teoria e prática*. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. 5. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

1 Mazzonetto, Alexandre Witier. Graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas FEAGRI/UNICAMP. Mestrado em Engenharia Agrônoma – Máquinas Agrícolas/Biomassa – Colheita Integral de Cana, pela Universidade de São Paulo – ESALQ-USP, Doutorando pela Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas – Departamento de Energia – FEM/UNICAMP (Cogaseificação de biomassas residuais). Na Graduação envolveu-se em Pesquisa/Desenvolvimento de processos térmicos, desenvolvendo um secador rotativo de sementes e outro de leite fluidizado. Desde o Mestrado vem trabalhando com fontes renováveis de energia, biomassas residuais (tratamento e geração de energia), levando-o a cursar Química na Universidade Mackenzie (Bacharel, Licenciatura e Industrial). Processos térmicos para obtenção de biocombustíveis, gaseificação e pirólise e combustíveis sustentáveis, gás de síntese (Syngas), produção e uso do biogás, bem como condicionamento do biogás e syngas. Atualmente é Professor nas FATECs de Piracicaba (Biocombustíveis e Gestão Empresarial) e Tatuapé.

2. Eliseu José da Rocha é Tecnólogo em Biocombustíveis pela Fatec Piracicaba Dep. “Roque Trevisan”. E-mail: eliseujrocha@gmail.com.

3. José Valter Lisboa Lemos Jr. é Tecnólogo em Biocombustíveis pela Fatec Piracicaba Dep. “Roque Trevisan”. E-mail: valter.lisboa1@gmail.com.