

ESTUDO DE CASO DE UTILIZAÇÃO DO CONCEITO DE PRODUÇÃO ENXUTA EM UMA LINHA DE MONTAGEM DE PEÇA AUTOMOTIVA

Allan Hoy Yonekura

yonekura.allan@gmail.com

Resumo. Este trabalho consiste na avaliação de uma linha de produção através dos conceitos de produção enxuta, através de dados coletados em uma instalação fabril que utiliza este conceito. Com dados coletados manualmente, este trabalho apresenta tabelas de Tempo de Ciclo e dados sobre o Lead Time e o Tempo de Processamento de determinada linha de produção. Além disso, descreve conceitos utilizados na elaboração de um Mapa de Estado Atual, o qual é apresentado como objetivo principal. O texto demonstra como uma linha de produção que utiliza conceitos de produção enxuta apresenta vantagens em sua aplicação, mas também problemas encontrados a serem resolvidos através da elaboração de um Mapa de Estado Futuro.

Palavras chave: produção, enxuta, Toyota, lean, takt.

1. Introdução

Este trabalho tem como principal objetivo apresentar um estado futuro de produção com modificações possíveis para obtenção de melhores resultados, através de um estudo de uma linha de produção do setor automotivo que utiliza o conceito de produção enxuta.

A escolha para este tema é motivada pela utilização mundialmente difundida do conceito de produção enxuta na produção industrial em larga escala para obtenção de resultados mais eficientes do que os apresentados pela produção em série.

A produção enxuta foi desenvolvida pela Toyota e avaliada, através de um estudo sobre a indústria automobilística mundial como um novo paradigma para produção industrial.

As bases utilizadas pela Toyota nesta nova forma de produção são: estoque zero, melhoria contínua e qualidade total.

O estoque zero determina um melhor aproveitamento de recursos, eliminando desperdícios e reduzindo o tempo de entrega, a qualidade total também reduz desperdícios, evitando que componentes sejam descartados em peças mal fabricadas, além de impactar na confiança dos clientes nos produtos da organização.

A idéia de melhorar pouco a pouco a cada dia faz com que a melhoria dos processos aconteça, mesmo que de forma gradual, diariamente em todas as áreas e norteia as ações da organização.

E é neste contexto que se encaixa o estudo sobre o Mapa de Estado de um processo de produção, pois só é possível realizar a melhoria em um sistema conhecido e dessa forma, a definição do Mapa de Estado Atual é determinante para que possa ser elaborado um Mapa de Estado Futuro para propor melhorias neste sistema.

Assim, para o estudo serão utilizados dados de uma linha de produção real de uma grande empresa do setor, com nomenclatura de peças, máquinas, processos e produtos descaracterizados.

Além disso, é realizada a apresentação de um estudo sobre os métodos e ferramentas utilizadas em um sistema produtivo deste tipo, com o objetivo de esclarecer a atuação de cada um no processo global.

Por fim, propõe-se um Mapa de Estado Futuro com as modificações sugeridas implantadas na linha em estudo e discute-se os resultados obtidos.

2. Revisão da literatura

2.1. Mentalidade enxuta

Alguns princípios importantes da mentalidade enxuta são apresentados a seguir:

2.1.2. Valor

O valor é gerado através da necessidade do cliente, a qual deve ser atendida com qualidade e lucratividade para manter o negócio viável.

2.1.3. Fluxo de valor

O fluxo de valor é gerado e agregado durante a produção e é importante entender melhor como os processos se envolvem com este valor gerado. Desta forma, pode-se dividir os processos em três tipos:

- o Geradores de valor;
- o Não-geradores de valor – mas importantes para a manutenção dos processos e qualidade;
- o Não-agregadores de valor.

Assim, deve-se buscar a redução de custos observando, além da própria redução em si, o fluxo de valor. Sempre buscando eliminar da cadeia produtiva os processos que não agregam valor o mais rapidamente possível, alocando os recursos de forma mais eficaz (capital, recursos humanos e espaço físico).

2.1.4. Fluxo contínuo

Os fluxos contínuos têm a função de extrair a maior agilidade possível em todas as ações tomadas pela empresa, desde a produção até a entrega do produto, possibilitando atender à demanda de forma mais eficiente.

2.1.5. Produção puxada

Com a produção voltada à demanda, o fluxo produtivo é invertido, ou seja, o motivo da produção é o atendimento da demanda e não a venda do produto final. O cliente puxa a produção desejada reduzindo estoques e valorizando o produto.

Isso solicita uma reposição nivelada com a produção e frequente em pequenos lotes, ao longo de toda a cadeia de suprimentos de produção para trabalhar da forma mais sincronizada possível com o consumo real.

2.1.6. Flexibilidade

A flexibilidade da produção diz respeito à capacidade da organização de trabalho em produzir diferentes tipos e quantidade de produtos sem consumo de tempo e recursos para esta mudança.

Em teoria, a flexibilidade total possibilitaria a produção exata dos produtos a serem consumidos, tanto quantitativa quanto qualitativamente.

2.1.7. Orientação por processos

Consiste na atenção global ao processo, desde o pedido do cliente até sua entrega, buscando criar, melhorar ou controlar os processos para um melhor resultado, que seja adequado às necessidades reais do cliente.

2.1.8. Transparência

A transparência dos processos engloba tanto a apresentação clara dos processos através de recursos auto-explicativos ou de fácil compreensão, como orientações de trabalho e sistemas de cores, quanto a motivação aos recursos humanos a desenvolver melhorias em quaisquer práticas.

Isto leva a um entendimento facilitado das atividades e a um aumento no envolvimento de todos em busca do desenvolvimento dos processos. Outro resultado deste princípio é a facilidade em encontrar erros nas atividades, sendo possível serem detectados até mesmo por quem as está executando.

2.1.9. Comprometimento das pessoas

Responsabilidade e competência são atribuídas diretamente aos processos, isto aumenta o grau de comprometimento com resultados e qualidade, criando oportunidades de qualificação e reconhecimento internos, tendo como resultado o aumento do envolvimento individual de todos os níveis de produção nos objetivos da organização de trabalho.

2.1.10. Qualidade total

Todos os esforços de empresa, colaboradores e fornecedores convergem para este objetivo em comum, sempre através do aperfeiçoamento contínuo e utilizando processos transparentes com metas claramente estabelecidas.

2.1.11. Melhoria contínua

Através da melhoria contínua é possível reduzir custos, aumentar a qualidade e a produtividade e partilhar informações sobre os processos, eliminando desperdícios sistematicamente e garantindo processos controlados.

É uma ferramenta importante na busca da qualidade total.

2.2. Tempo de ciclo

O tempo de ciclo é o tempo necessário para que a produção de uma peça seja repetida de forma completa. Ou seja, é o tempo entre a entrega de dois produtos ao final de sua produção.

2.3. Tempo Takt

Takt significa, em alemão, ritmo, tempo, o que explica seu significado em um sistema enxuto de produção.

O tempo takt representa o tempo disponível pela produção dividido pela demanda do produto naquele momento.

2.3. Lead Time

O *lead time* é o tempo que uma peça leva para percorrer todos os processos de produção, desde sua chegada ao início dos processos, até o momento de sua entrega ao cliente.

2.3. Tempo de processamento

O tempo de processamento, também conhecido como tempo de agregação de valor, consiste no tempo total em que uma peça está dentro dos processos de produção, ou seja, é o tempo efetivo total em que há alguma operação sendo realizada sobre ela, ou o tempo de produção desta peça, excluindo os tempos de espera.

2.3. Mapa de Estado

Na elaboração do Mapa de Estado Atual e do Mapa de Estado Futuro serão utilizados ícones que serão descritos neste item e apresentados na Figura 1.

2.3.1. Caixa de processo

A caixa de processo indica um processo no qual material está fluindo do sistema a ser mapeado.

Portanto, a caixa de processo representa um fluxo contínuo de material, podendo conter um ou mais processos de produção.

Com o fim do fluxo contínuo de material, deve-se utilizar outra caixa de processo para o próximo processo (ou conjunto de processos).

2.3.2. Caixa de dados

A caixa de dados fica alocada abaixo da caixa de processo referente e apresenta os dados relevantes àquele determinado processo.

Os dados mais comuns de serem apresentados na caixa de dados são os tempos de ciclo, tempos de troca (tempo para mudar a configuração do processo para produzir outro produto), disponibilidade de máquinas (que neste trabalho é de 100% em todas as máquinas), tempo disponível para produção (em segundos, minutos, horas, turnos, ...), quantidade de pessoas no fluxo contínuo.

2.3.3. Triângulo de advertência

Para representar um estoque que se acumula nos processos, utiliza-se o triângulo de advertência, o qual aponta a localização e a quantidade que está sendo acumulada naquele determinado ponto do processo.

2.3.4. Seta listrada

A seta listrada representa o movimento de material empurrado no processo produtivo. Isto é, quando o processo seguinte não solicita uma determinada produção e tenta-se advinhar o que será necessário no processo seguinte ou está sendo seguida uma programação de produção que não segue o que os processos seguintes estão solicitando no momento exato, a estação de trabalho “empurra” a produção no fluxo de materiais.

Desta forma, a seta listrada representará o movimento destes materiais entre os fluxos contínuos de materiais.

2.3.5. Linha do tempo

A linha do tempo fica localizada abaixo das caixas de processo, das caixas de dados e dos triângulos de advertência. Sua função é indicar o Lead Time e o Tempo de Processamento de cada processo.

Na parte superior da linha fica o Lead Time e na parte inferior o Tempo de Processamento.

Ao final da linha estão mostrados os tempos totais do processo.

2.3.6. Supermercado

O ícone de supermercado é o ícone que representa prateleiras abertas no lado esquerdo, de frente para o processo fornecedor, pois o supermercado pertence ao processo de fornecimento e é usado para programar aquele processo.

O cliente do supermercado retira o que for necessário e simultaneamente devolve o *kanban* (informação de processo) para o supermercado ser reabastecido com o que foi retirado por ele.

Desta forma o supermercado sempre possui o que o cliente necessita e na quantidade mínima para que o fornecimento nunca seja interrompido.

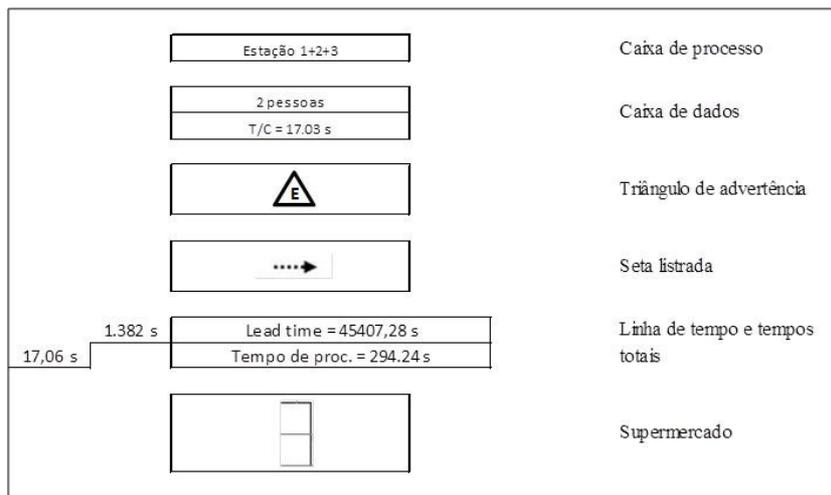


Figura 1. Ícones utilizados nos Mapas de Estado.

2.4. Kanban

No sistema de produção enxuta, há dois fluxos importantes: de materiais e de informações. Sendo que o de informações é tão importante quanto o de materiais.

Dessa forma, os Kanbans representam o fluxo de informações, ou seja, com o sistema puxado de produção, as informações necessárias para determinar a produção vêm no sentido contrário ao sentido de fluxo de materiais.

Antes de iniciar qualquer processo de produção, uma determinada seção deve receber informações que determinem que tipo de produto deve ser entregue e assim, antes de iniciar o fluxo de materiais da cadeia, o fluxo de informações deve ser enviado anteriormente, de cima da cadeia para baixo, determinando o que deve ser produzido e a quantidade a ser produzida.

Neste contexto, o Kanban nada mais é do que a representação desta informação dentro do processo produtivo. Em geral é utilizado um cartão com as informações das peças a serem produzidas, tais como quantidade, modelo, informações específicas, exceções.

2.5. Poka-Yoke

A fim de obter o resultado de qualidade total, dois métodos para controle de qualidade são principalmente utilizados nos processos de produção enxuta, Poka-Yokes e Jidokas.

Os Poka-Yokes são as principais ferramentas, pois exprimem o conceito de produção enxuta com defeito zero de forma completa. Eles são dispositivos de detecção produção de defeitos que impedem que um processo seja realizado caso as condições pré-determinadas para este ocorrer não sejam satisfeitas. Resumidamente, eles não permitem que um defeito seja produzido, evitam que os erros se transformem em defeitos e que estes sejam passados adiante na cadeia produtiva.

Os tipos de Poka-Yokes são:

- Poka-Yoke de contato: realizam testes físicos sobre a peça em que erros podem ser cometidos. Verificam tamanho, cor, posição, forma, por exemplo;
- Poka-Yoke de valor fixo: alertam ao operador se um número determinado de ações é realizado. Auxiliam aos operadores a seguirem o processo exatamente como ele foi desenhado;
- Poka-Yoke de sequencia: determina se as ações projetadas são realizadas durante o processo.

A vantagem do sistema Poka-Yoke é que além de prevenir que defeitos sejam criados, eles impedem que estes sejam propagados cadeia de produção acima, possibilitando que partes de peças não sejam desperdiçadas em produtos defeituosos, evitando ainda mais desperdícios.

2.6. Jidoka

A Jidoka é qualquer sensor ou dispositivo que detecta uma anomalia nos processos e os param imediatamente ao fazê-lo.

Em resumo, a diferença da Jidoka para o Poka-Yoke é que o Poka-Yoke impede a produção de um defeito a partir de um erro e a Jidoka verifica se há algum erro produzido.

Apesar da Jidoka não representar fundamentalmente o que a produção enxuta prega, pois ela não impede que um defeito seja gerado, ela é essencial para este método porque ela impede que erros sejam propagados na produção e evita mais desperdícios com produtos que já estão com defeitos.

Além disso, é possível através das Jidokas retrabalhar peças que ainda não estão terminadas e que partes que foram utilizadas em um produto com defeito sejam reutilizadas em outra peça caso possível.

Outro benefício da utilização de Jidokas é que elas podem indicar uma tendência de criação de defeitos, o que pode apontar as causas de problemas na produção e com isso encontrar onde os defeitos estão sendo produzidos.

3. Definição do sistema

O sistema analisado é uma linha de produção de determinado tipo de peça para a indústria automotiva, a qual fabrica o produto a partir de componentes fornecidos através de um serviço de estoque conjunto da organização e fornece o produto acabado para um cliente interno, outra linha de produção.

Estes componentes são recebidos através do encaminhamento de um *kanban* (informação de processo) ao estoque conjunto e alocados em um estoque local, ou seja, através de um supermercado no início dos processos.

O supermercado contém componentes suficientes para produzir 1600 unidades, ou 4 lotes de produtos, sendo que a cada lote consumido, um *kanban* é enviado ao estoque de volta ao estoque para que seja reabastecido.

O produto em questão tem demanda de 1 peça por veículo, sendo que parte da produção destina-se também ao mercado de manutenção de veículos automotivos.

A linha em questão utiliza alguns conceitos da produção enxuta e tem uma configuração alocada em um espaço quadrado de aproximadamente 100 m².

Além disso, ela é dividida em 16 estações de trabalhos, algumas compostas por 1 ou 2 máquinas e onde são alocados de 7 a 11 operadores, conforme variação desejada na produção diária.

A saída é realizada através de lotes de produtos, 400 unidades. Ou seja, quando um *kanban* de solicitação de produtos chega à linha, deve ser encaminhado ao cliente o lote com o *kanban* solicitado.

Desta forma, os produtos são produzidos e após a formação do lote ao final do processo, encaminhado imediatamente ao cliente.

A seguir são apresentados os dados obtidos na instalação em estudo, bem como descrições das estações de trabalho.

Tabela 1. Tempos coletados. Valores médios de obtidos em 20 ensaios.

Tipo de processamento	Tempo manual de trabalho (s)	Tempo automático de trabalho (s)	Tempo de ciclo (s)
Estação de trabalho 1	8,01	7,98	15,99
Estação de trabalho 2	0,00	8,98	8,98
Estação de trabalho 3	0,00	17,03	17,03
Estação de trabalho 4	16,35	1,92	18,27
Estação de trabalho 5	0,00	20,17	20,17
Estação de trabalho 6	2,21	17,14	19,34
Estação de trabalho 7	3,68	10,63	14,30
Estação de trabalho 8	2,13	22,45	24,58
Estação de trabalho 9	0,00	22,30	22,30
Estação de trabalho 10	0,00	22,43	22,43
Estação de trabalho 11	0,00	22,60	22,60
Estação de trabalho 12	3,88	20,27	24,15
Estação de trabalho 13	0,00	9,96	9,96
Estação de trabalho 14	0,00	23,94	23,94
Estação de trabalho 15	0,00	13,13	13,13
Estação de trabalho 16	5,39	11,68	17,06

A linha de produção tem início na estação de trabalho 1. Ela consiste em apenas uma máquina onde o operador deve manusear os componentes iniciais e alocá-los na máquina que após seu acionamento realiza a operação desejada. Nesta estação o trabalho da máquina é rápido e está muito ligado ao operador que deve além de alocar componentes de forma adequada, acionar o equipamento para sua operação.

A entrada de componentes é realizada manualmente, através do próprio operador, que recolhe os componentes de um espaço próximo e os vai adicionando conforme necessidade em caixas próximas ao próprio posto, em lotes menores, de onde ele os utiliza no processo.

Com isso a saída de produtos desta estação é realizada manualmente pelo operador, que os retira da máquina enquanto insere novos componentes para a nova peça.

Há a presença de quatro dispositivos de Poka-Yokes, responsáveis por verificar se os componentes a serem trabalhados estão em posição correta antes de iniciar o processo.

Após retirar a peça da estação de trabalho 1, o operador a aloca na máquina da estação de trabalho 2 e em seguida, neste processo, a máquina realiza sua operação de forma contínua em diversas peças simultaneamente, porém mantendo a sequência de entrada. Este processo acontece de forma automática e contínua e em caso de parada da linha ela possui um sensor que determina também sua parada.

Não há entrada de componentes novos nesta estação e não há trabalho mecânico realizado neste processo sobre os produtos e por outro lado, a saída consiste no momento em que um operador a recolhe na seção de saída manualmente, uma a uma, alocando-a em uma esteira para o próximo processo a ser realizado.

A entrada de componentes necessários na estação de trabalho 3 é realizada de forma automática dentro da máquina, sendo que cabe aos operadores somente abastecer um reservatório de entrada de componentes e verificar a correta armazenagem.

A saída desta estação ocorre da mesma forma que na entrada, ao final da esteira há uma seção de saída, onde as peças ficam enfileiradas aguardando sua retirada manual, uma a uma, pelo próximo operador, que tem a tarefa de retirar as proteções inseridas inicialmente no processo.

Esta estação de trabalho apresenta somente um Poka-Yoke que verifica se a peça foi inserida na esteira de maneira correta e, caso contrário, pára imediatamente a esteira avisando os operadores de que algo não está correto.

Após a retirada das proteções, o operador aloca a peça na máquina da estação de trabalho 4 e após aciona a máquina para efetuar a operação. Enquanto a máquina está em trabalho o operador apanha o componente que será utilizado na produção da próxima peça e como a máquina encerra sua operação rapidamente, ele aloca o componente na posição adequada para a próxima operação, recolhe a peça trabalhada da máquina e a aloca em um suporte de peças que ficam aguardando a utilização na próxima estação.

Assim como os Poka-Yokes supracitados, nesta estação de trabalho há a presença de um para a verificação de posição de uma peça a ser trabalhada.

A estação de trabalho 5 inicia-se com o operador selecionando a peça do suporte previamente mencionado e a inserindo na primeira máquina. Simultaneamente ele recolhe a peça trabalhada e aciona a máquina para iniciar o trabalho.

Com isso ele volta ao suporte inicial e seleciona duas peças, inserindo-as na segunda máquina desta estação de trabalho. E da mesma forma que na primeira máquina ele recolhe as duas peças previamente trabalhadas, verificando-as visualmente. Depois de aprová-las ele aciona o funcionamento da segunda máquina, retornando para o procedimento inicial.

Essa estação é a que possui mais dispositivos de Poka-Yokes e Jidokas de toda a linha, ela possui um Poka-Yoke para verificação de posição da peça a ser trabalhada, um Poka-Yoke para verificação da integridade de um componente a ser inserido na peça e uma Jidoka para verificar se os componentes foram corretamente inseridos nas peças. E como há duas máquinas similares nesta estação, os dispositivos são duplicados para que estejam presentes em ambas as máquinas.

O operador desta estação de trabalho 6 deve selecionar duas peças do suporte e inseri-las nas posições iniciais para a operação e em seguida acionar o funcionamento desta.

Após a parada total da máquina o operador deve retirar ambas as peças, que ficam posicionadas de forma separadas, cada uma com uma das mãos e realizar uma inspeção visual sobre o trabalho realizado pela máquina e caso aprovadas, devem alocá-las no próximo suporte de peças, voltando aos passos iniciais na seqüência.

Para verificar se o trabalho desta estação foi realizado com sucesso, há a presença de uma Jidoka ao final da operação.

A estação de trabalho 7 é uma estação de verificação, onde não é realizado um processo sobre a peça e sim uma verificação sobre suas características. Isto se dá, pois caso as peças sejam reprovadas, é possível, até este ponto retrabalhá-las.

Assim, o operador apanha uma peça do suporte e a posiciona na máquina de testes e ao fechar a proteção, a máquina inicia o teste de forma automática, abrindo esta proteção quando ele é finalizado. Se aprovada, a peça deve ser movida pelo operador para o próximo suporte e caso seja rejeitada, deve ser alocada na caixa de retrabalho de peças.

A estação de trabalho 8 representa o gargalo da produção, isto é, seu tempo de ciclo é o mais alto dentre todas as outras estações e, desta forma, limita a produção total.

Assim, é alocado um operador exclusivo para operar esta máquina, o qual deve selecionar uma peça do suporte e realizar uma inspeção visual antes de iniciar o processo (isto porque a máquina ainda deverá estar em operação quando o operador apanhar a peça). Após a abertura da porta de proteção da máquina, o operador remove a peça trabalhada e insere a próxima simultaneamente, acionando o funcionamento da máquina em seguida.

Neste posto, há inserção de material no produto, o qual é abastecido através de uma linha contínua de material, vindo de um grande reservatório, abastecido sempre a cada início de turno.

Enquanto a máquina inicia sua operação, o operador remove excessos de material na peça manualmente, sem muita preocupação com a qualidade desta remoção.

Por fim ele posiciona a peça em uma esteira que contém suportes para peças para que ela siga para o próximo processo.

Esta estação possui um dispositivo de Poka-Yoke que não permite o acionamento da máquina caso a peça não seja alocada corretamente dentro da mesma.

A estação 9 representa o início de um fluxo contínuo de material, que é composto também pelas estações de trabalho 10 e 11.

A estação 11 representa o fim deste fluxo, sendo que ao final desta estação, até 3 peças ficam aguardando a retirada pela próxima estação.

As peças posicionadas na esteira, que se move somente após o trabalho sobre uma peça seja realizado, chegam à máquina e quando disponível, recolhe-a com um braço mecânico. O qual é composto por duas extremidades, sendo

assim, enquanto a máquina recolhe uma peça da esteira, a outra extremidade está aguardando o trabalho sendo realizado em outra peça.

Após realizada a operação, a peça trabalhada é recolhida por uma extremidade e em seguida há uma rotação de 180° no braço, colocando a peça trabalhada na esteira para que siga o fluxo de material. Enquanto na outra extremidade, o braço deposita a nova peça na posição de trabalho.

Enquanto isso, a esteira move uma posição à frente e o braço posicionado sobre ela seleciona a próxima peça a entrar no processo.

Todas estas ações são realizadas da mesma forma na estação 9 e na estação 11, a única diferença é que há um processo de usinagem em duas posições diferentes da peça a ser trabalhada, o que modifica somente a configuração dos dispositivos de usinagem.

A estação de trabalho 10 não realiza nenhuma alteração física ou química no produto, sua função é simplesmente conferir se o trabalho realizado pelas estações 8 e 9 estão de acordo com o especificado e dentro da qualidade desejada.

A estação de trabalho 12 é composta por 2 máquinas que trabalham com 3 peças simultaneamente (uma trabalha com 1 peça e a outra trabalha com 2).

Assim, o operador deve selecionar a peça do final da esteira e posicioná-la dentro da primeira máquina. Antes disto, ele deve apanhar a peça que foi trabalhada e que está em posição, dentro da máquina.

Com isso, ele aciona o funcionamento e realiza uma inspeção visual do produto antes de colocá-lo em um suporte de peças e na sequência ele realiza as mesmas operações para a segunda máquina, porém utilizando 2 peças.

Formada por duas máquinas equivalentes, esta estação possui um Poka-Yoke e uma Jidoka para cada máquina. Os Poka-Yokes não permitem o funcionamento das máquinas caso as peças não sejam inseridas de maneira correta e as Jidokas verificam se as operações de trabalho foram realizadas corretamente.

Na estação de trabalho 13, o operador deve apanhar 4 peças do suporte e colocá-las em posições definidas dentro da máquina disponível para este processo. Em seguida ele aciona o funcionamento da mesma.

Como a máquina dispõe de dois locais iguais para trabalho, que funcionam de forma independente, ao terminar de acionar a primeira parte a segunda parte deve estar terminando sua operação e abre a porta de proteção imediatamente.

Com isso, o operador apanha as 4 peças e as coloca sobre o suporte que vai para o processo seguinte.

Em seguida ele volta ao suporte do processo anterior e seleciona mais 4 peças, realizando as mesmas tarefas feitas para a primeira parte da máquina.

As estações de trabalho 14 e 15 apresentam a característica de trabalhar com um lote de quantidade grande de peças. Ela opera com uma capacidade de 80 peças, sendo 40 em cada lado da máquina, funcionando alternadamente para que o operador consiga trabalhar abastecendo e retirando as peças de um dos lados enquanto o outro trabalha.

Dessa forma, o operador deve recolher as peças da estação anterior com o suporte (que acolhe até 40 peças) e colocá-lo, junto com as peças dentro da máquina, pois ela trabalha com o próprio suporte no processo sobre as peças.

Assim que fecha a porta de proteção, o operador aciona o funcionamento da máquina e vai ao outro lado recolher o suporte com as peças trabalhadas.

Com isso, ele coloca o suporte com as peças em uma mesa de apoio, enquanto retira o suporte com peças trabalhadas da máquina da estação 15, colocando-as em outra mesa que servirá de apoio para a próxima etapa.

Na sequência, ele insere o suporte com as peças que estavam na mesa de apoio intermediário na próxima máquina (estação de trabalho 15) e aciona o botão para ligar sua operação.

Por fim, ele retorna ao início das tarefas, refazendo o processo alternadamente entre os lados da máquina da estação 14.

A estação de trabalho 16 é a última desta linha de produção e realiza os testes finais para a aprovação do produto e sua liberação para a entrega ao cliente. Nela, o operador apanha uma peça do suporte que está apoiado em uma mesa ao lado, realiza uma inspeção visual sobre o produto em suas mãos (enquanto a máquina ainda está operando) e o insere na máquina caso este esteja sem danos aparentes. Simultaneamente ele recolhe a peça testada e a insere no suporte de entrega, caso seja aprovada e a descarta caso seja reprovada.

Em seguida ele deve fechar a porta de segurança e aguardar a finalização dos testes, enquanto apanha a próxima peça para a repetição do processo.

4. Mapa de Estado Atual

4.1. Tempo takt

A demanda dos produtos a serem produzidos nesta linha é estimada em 64650 unidades por mês no total da soma de todos os clientes.

Sendo assim, o tempo takt é definido conforme Equação (1):

$$\text{takt} = \frac{\text{tempo disponível pela produção}}{\text{demanda}} \cong 24,50 \frac{\text{segundos}}{\text{unidade}} \quad (1)$$

4.2. Demanda de produtos

Os produtos produzidos nesta linha são muito similares e divergem somente com relação a algumas medidas e componentes de diferentes especificações, sendo que os processos utilizados são os mesmos e as formas de manuseio são iguais para todos eles.

Além disso, a quantidade de peças entregues varia conforme o pedido do cliente e não há um tamanho definido como um lote, nunca havendo pedidos menores do que 400 unidades, entretanto.

4.2. Tempo de ciclo limitador da produção

É possível definir a seguir o tempo gargalo da linha de produção, que, comparando os tempos de ciclo coletados, é o maior dentre eles (estação de trabalho 8), conforme Tabela (1), de 24,58 segundos.

Disto é possível avaliar que a linha não está sendo capaz de suprir todas as demandas dos clientes sem a realização de horas extras. Isto porque o tempo de ciclo mais alto da linha está mais alto do que o tempo takt, definido através da demanda do cliente.

Com isso, é necessário que sejam realizadas alterações nos processos para que seja satisfeita esta demanda.

4.3. Lead Time

O *lead time* é definido através do tempo total necessário para uma peça percorrer toda a linha de produção, incluindo o tempo de espera em estoques, pulmões ou mercados.

Desta forma, o lead time obtido para este processo é de 46.042,44 segundos.

4.4. Tempo de processamento

O tempo de processamento (ou tempo de agregação de valor) é obtido através da soma dos tempos de ciclos dos processos da linha de produção.

Assim, o tempo de processamento encontrado é de 294,23 segundos.

4.5. Mapa de Estado atual

Com todas as informações coletadas, é possível definir o Mapa de Estado atual, conforme Figura (2).

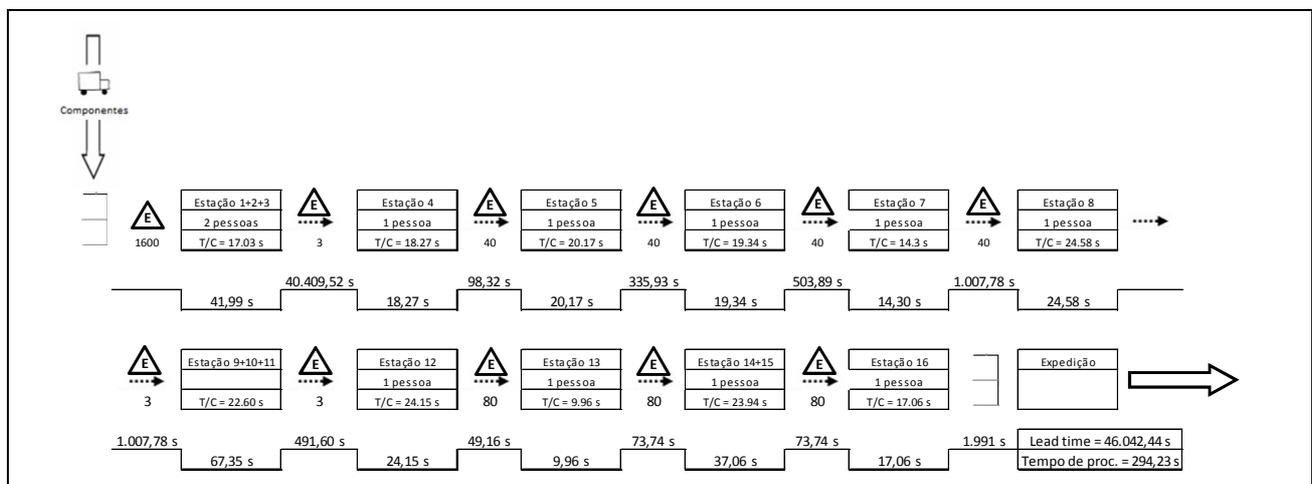


Figura 2. Mapa de Estado Atual

6. Proposta de Estado Futuro

Para a elaboração de um mapa de Estado Futuro, foram sugeridas as seguintes alterações.

- Redução do pulmão inicial da linha, de 1600 peças para 400 peças, pois há excesso de peças;
- Remoção dos pulmões intermediários entre as estações de trabalho, porque impede o fluxo contínuo de produto dentro da linha de produção;
- Redução da quantidade de peças dentro da esteira da estação de trabalho 3, de 30 para 22, onde o tempo de ciclo é muito inferior ao tempo limitador da linha, reduzindo a quantidade de peças na linha;
- Substituição de dispositivo hidráulico de acionamento de proteção da estação de trabalho 8, reduzindo o tempo de ciclo desta estação em cerca de 1 segundo, o que reduz diretamente o tempo de ciclo limitador da linha, passando para o tempo de ciclo da estação 12 e exigindo a instalação de um novo Poka-Yoke para verificar o funcionamento deste dispositivo;

- Remoção das estações de trabalho 13, 14 e 15, porque foi verificada a possibilidade de melhoria no processo realizado por estas estações, substituído por outro realizado simultaneamente nas estações de trabalho 9 e 11.

7. Mapa de Estado Futuro

7.1. Tempo takt

O Tempo takt definido não sofre alterações, uma vez que ele é determinado através da demanda dos clientes. Sendo assim, a demanda dos produtos a serem produzidos nesta linha são estimados em 64650 unidades por mês no total da soma de todos os clientes.

Sendo assim, o tempo takt é definido conforme Equação (1):

$$\text{takt} = \frac{\text{tempo disponível pela produção}}{\text{demanda}} \cong 24,50 \frac{\text{segundos}}{\text{unidade}} \quad (1)$$

4.2. Demanda de produtos

As quantidades a serem entregues aos clientes não serão afetadas com as alterações, sendo sempre uma quantidade mínima de 400 peças, consideradas como um lote.

4.2. Tempo de ciclo limitador da produção

O Tempo de ciclo limitador anterior era obtido na estação 8 de trabalho.

Porém, com as alterações efetuadas, verifica-se que o tempo de ciclo limitador tornar-se-á o tempo da estação 12, de 24,15 segundos.

4.3. Lead Time

O novo *lead time* é definido através do tempo total necessário para uma peça percorrer toda a linha de produção, incluindo o tempo de espera em estoques, pulmões ou mercados.

Desta forma, o lead time obtido para a proposta de estado futuro é de 11.109,00 segundos.

4.4. Tempo de processamento

O tempo de processamento (ou tempo de agregação de valor) é obtido através da soma dos tempos de ciclos dos processos da linha de produção.

Assim, o tempo de processamento encontrado é de 252,40 segundos.

4.5. Mapa de Estado atual

Com todas as informações coletadas, é possível definir o Mapa de Estado atual, conforme Figura (3).

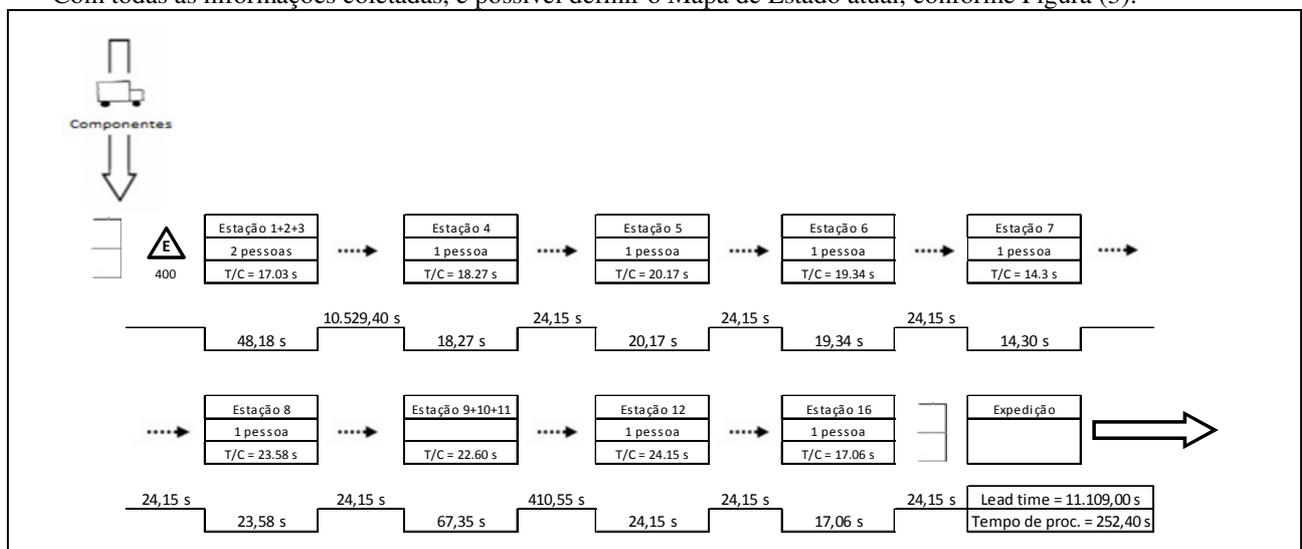


Figura 3. Mapa de Estado Futuro

6. Discussão

Como é possível observar através dos dados coletados e do Mapa de Estado Atual elaborado, a linha de produção em estudo apresenta muitas características de um sistema enxuto de produção, como por exemplo, um sistema puxado de componentes na entrada dos processos e também na expedição de peças.

Além disso, é possível verificar um sistema que apresenta diversos fluxos contínuos de material e quando não são fluxos contínuos são interrompidos em decorrência da necessidade de pulmões de linha para suprir deficiências e instabilidades nos processos e não pela falta de planejamento de processos.

Em adição, os tempos de ciclo apresentam-se próximos entre si, demonstrando que deve ter sido elaborado algum estudo para elaboração destes fluxos contínuos e/ou reduções de gargalos previamente existentes.

Entretanto, apesar do esforço para aplicação do sistema enxuto, verifica-se que o tempo de ciclo do processo como um todo apresenta valor ligeiramente superior ao tempo takt, isto significa que a produção não consegue suprir a demanda em alguns dias.

Portanto, são necessárias alterações nos processos e na linha de produção, de forma a reduzir os tempos nos processos limites, aumentando a capacidade de produção. E estas alterações foram propostas e implantadas no Mapa de Estado Futuro elaborado e os resultados obtidos mostram redução na quantidade de peças dentro da linha de produção, aproximadamente 75%. O que reduz os desperdícios gerados com estoques e tempo de produção maiores.

Além disso, foi obtida uma redução de 15% no tempo de processamento de um produto e de 76% no *lead time*, demonstrando que as alterações propostas obtiveram os resultados esperados, inclusive fazendo com que a linha atenda ao tempo takt determinado.

7. Conclusões

Através da análise dos dados coletados, foi possível verificar a aplicação do sistema enxuto de produção. E apesar de apresentar alguns pontos de melhoria e não conseguir atender à demanda atual, é possível verificar que a mentalidade enxuta traz resultados imediatos, como melhor alocação de máquinas e recursos humanos. Isto porque, caso não houvesse tido preocupações em elaborar fluxos contínuos de material, seriam necessários mais operadores de máquinas e muito mais peças dentro do processo, trazendo maior desperdício de recursos.

Os pulmões apresentam grande parte da distância desta linha para uma linha ideal, pois demonstram a incapacidade do sistema em manter uma produção estável e um claro desperdício de recursos (peças paradas, não sendo trabalhadas).

Portanto, os resultados obtidos por este trabalho satisfazem os objetivos determinados por ele. Propôs-se, por fim, um Mapa de Estado Futuro, com reduções nos tempos de processamento (15%) e lead em cerca de 76%, bem como se obteve uma redução nas necessidades de estoques e de mão-de-obra.

Além disso, a demanda de produção que antes não era atendida, após as alterações propostas, será atendida de forma mais constante, mantendo a preocupação com a qualidade e a confiabilidade da linha, implantando um Poka-Yoke adicional.

E para que tais resultados fossem obtidos, o estudo proposto dos conceitos da produção enxuta foram desenvolvidos e apresentados à medida que foram sendo empregados, conforme proposto inicialmente.

Com isso, é possível afirmar que, através das ferramentas elaboradas pelo método enxuto de produção, resultados mais eficientes podem ser atingidos e mudanças podem ser planejadas em uma linha de forma consciente e eficaz, mantendo o nível de qualidade sempre desejado, reduzindo desperdícios.

8. Direitos autorais

O autor é o único responsável pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

STUDY CASE OF USE OF LEAN PRODUCTION CONCEPT IN AN ASSEMBLY LINE OF AUTOMOTIVE PARTS

Allan Hoy Yonekura

yonekura.allan@gmail.com

Abstract. This paper consists in an evaluation of a production line by lean production concepts, through collected data in manufacturing plant which uses these concepts. With data manually collected, this paper presents tables of Cycle Time and Lead Time and Processing Time data of one particular line of production. In addition, describes the applied concepts on the preparation of the Actual State Map, which is presented as the main objective of this paper. The text shows how a line of production that uses the lean production concepts has advantages, but also shows the problems that need to be solved through the preparation of a Future State Map.

Keywords. *production, lean, Toyota, Lean, takt.*