

ESTUDO DE OTIMIZAÇÃO PARA MAXIMIZAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE UM PROCESSO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Maria Madalena de Andrade Carneiro¹

Mayara Carla de Andrade²

Walber Thalison do Prado Medeiros³

Washington Lemos⁴

AEDB – FER

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo verificar os principais pontos necessários para otimizar um processo produtivo, de uma indústria automobilística, o qual apresenta diversas restrições ao longo de sua operação, o que impossibilita a capacidade máxima produtiva definida em projeto. O estudo tem como base teórica artigos e livros baseados nos principais fatores que influenciam e dão origem as restrições produtivas, que serão identificadas e localizadas com a utilização de um programa de simulação. Os resultados obtidos nos estudos e nas análises irão orientar e possibilitar a criação de soluções para aumentar a capacidade produtiva atual.

Palavras-chave: **Processos Automotivos; Restrições de produção; Balanceamento de linha.**

¹ Aluna da Associação Educacional Dom Bosco - FER
e-mail: mada.andrade@hotmail.com

² Aluna da Associação Educacional Dom Bosco - FER
e-mail: mayara.cdeandrade@gmail.com

³ Aluno da Associação Educacional Dom Bosco - FER
e-mail: w_thalison@hotmail.com

⁴ Professor orientador da Associação Educacional Dom Bosco
e-mail: washington.lemos@terra.com.br

1. Introdução

Para que as empresas alcancem seus objetivos, e tenham condições de manter-se em posição competitiva no mercado é indispensável se preocupar com inúmeras restrições, e entre essas restrições está à capacidade produtiva. Para obter uma capacidade alta é crucial a identificação e eliminação de gargalos que limitam a produção nos sistemas produtivos.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009, p.678) gargalo “é o estágio que representa a restrição da capacidade em um processo”. Essa restrição impede que a quantidade máxima possível de itens seja produzida em determinado tempo. É nesse sentido que os estudos e esforços para eliminação de restrições que levem à otimização dos processos produtivos, se apresentam como grandes contribuidores.

Nos diversos setores produtivos é necessária a obtenção de um fluxo contínuo, que mesmo sendo bom, geralmente apresenta pontos passíveis de melhorias, e que contribuem para o alcance dos objetivos gerais das organizações. E entre esses setores, no automobilístico, o estudo para encontrar soluções de eliminações de gastos desnecessários com tempo de espera entre as operações se apresenta como grande fonte de alta produtividade e consequentemente a maximização de lucros da instituição.

Devido a essa necessidade de eliminação de restrições será realizado um estudo do processo produtivo de uma montadora automobilística de grande porte, composta por três setores básicos para a manufatura de um veículo, sendo elas: chaparia, a pintura e a montagem, que apresenta diversos pontos com restrições no processo produtivo.

E em um setor específico, foi observada a maior quantidade de pontos que restringem o fluxo contínuo da produção. E por isso, esse processo foi escolhido para ser estudado e otimizado. Esse setor é o responsável pela montagem completa da carroceria dos veículos, com todos os elementos, soldagens e colagem necessária para a perfeita fixação das partes integrantes do conjunto.

2. Metodologia

Com o objetivo central de eliminar as restrições do processo é necessário conhecer, com exatidão, em quais operações elas são formados. E para essa

identificação e localização pontual das restrições será utilizado o programa de simulação Arena, que terá como valores de entrada os tempos necessários para a realização de cada operação contida dentro dos postos. Esses tempos serão obtidos através de uma cronoanálise em campo, que é uma técnica que lida com o tempo necessário para a conclusão das operações de um processo.

Em seguida, será realizada uma revisão bibliográfica dos conceitos e tipos de arranjos físicos, para posterior verificação de que o arranjo utilizado no sistema em questão é o mais adequado, já que a utilização do tipo inadequado ou até mesmo mal elaborado pode afetar o fluxo. (SLACK et al., 2006). Caso seja constatado que arranjo físico está possibilitando o surgimento de limitações, será elaborada outra forma de arranjo, e uma proposta de modificação será feita para o tipo de produção analisado.

Com uma proposta de arranjo físico adequado para o processo em questão, e sua forma corretamente definida, e de posse dos tempos de cada operação será realizado o balanceamento de todo o processo, e alocação correta de cada operação de forma que o fluxo do processo seja otimizado e opere com sua capacidade produtiva máxima.

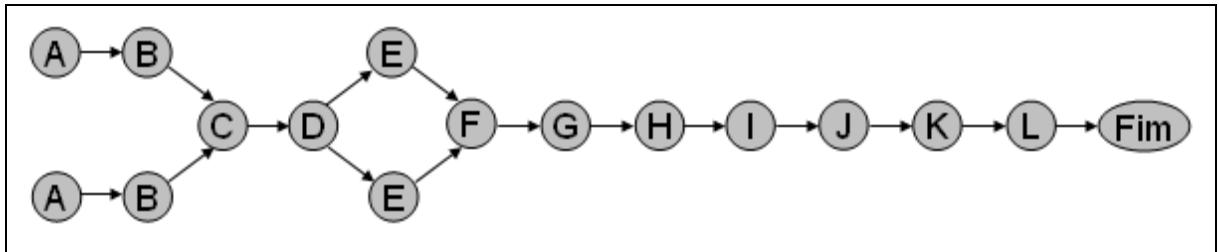
3. Descrição do processo de produção com maior número de restrições

Dentre os diversos processos observados com pontos de restrições, o que apresenta a maior perda de capacidade produtiva é o processo de armação, que mesmo funcionando 3 turnos, consegue produzir no máximo 86% da quantidade inicial projetada para produzir.

Esse processo recebe como produto inicial a base do veículo, e conforme a base passa pelos postos de operações, recebe a montagem das laterais, do teto e diversos pontos de solda em posições estratégicas de acordo com sua geometria. A soldagem pode ser realizada de três tipos pré estabelecidos: solda Mag, realizada manualmente, solda a ponto e solda a laser, realizadas em operações automáticas. E essas operações são realizadas para 5 modelos de veículo.

Sendo assim, apresenta-se como um estudo de grande importância a eliminação das restrições para que seja alcançada a melhor capacidade produtiva possível.

No mapeamento abaixo é possível verificar a ordem em que as operações acontecem atualmente.



Fonte: Desenho próprio

Figura 1: Mapeamento de fluxo atual

Tabela 1: Atividades descritas no Mapeamento

Símbolo	●	→
Significado	Posto de Operações	Transporte

3.1 Descrição dos Postos de Operações

Cada um dos postos de operações que compõem esse processo de produção possuem especificações próprias de tempo, número de operadores envolvidos, recursos utilizados e equipamentos próprios. Por esse motivo, é necessário que as características de cada posto sejam fornecidas separadamente.

- Posto A – Preparação do Veículo

Nesse posto são realizadas de forma manual 3 operações de colocação e fixação de peças e insumos pertinentes do conjunto. Essa operação acontece simultaneamente para os lados esquerdo e direito. E por isso, esse posto possui dois operadores.

- Posto B – Montagem das laterais

Nesse posto as laterais são posicionadas e fixadas. Outras peças são posicionadas e as operações do posto são encerradas, sendo que todo o processo é manual e realizado para os lados esquerdo e direito. E por isso, possui dois operadores.

- Postos C, D, G, I, J, K e L - Soldagem Ponto a Ponto

Nesses postos são realizadas operações automáticas onde são soldados diversos pontos do produto, a quantidade de pontos e robôs utilizados depende de cada modelo.

- Posto E – Posicionamento e soldagem

Nesse posto, determinadas peças são posicionadas e pontos de solda são aplicados de forma manual, e realizado para os lados esquerdo e direito. E por isso, possui dois operadores.

- Posto F – Abastecimento

Nesse posto, o único operador posiciona uma peça no local determinado.

- Posto H – Soldagem a Laser

Nesse posto, são realizadas operações automáticas onde são soldadas algumas peças de acordo com cada modelo.

4. Cronoanálise

Segundo Toledo Jr. e Kuratomi (1989), o estudo de tempos e métodos é o marco inicial, cujo objetivo primordial é a racionalização do trabalho. O estudo de tempos possui um papel significativo nas organizações, a maneira de como algo é feito e o tempo gasto para essa realização são fatores predominantes para o sucesso de uma organização.

Um dos maiores objetivos do estudo de tempo é proporcionar a economia de movimentos, permitindo com que o operador faça o melhor uso de seus movimentos, buscando determinar o tempo necessário por um operador qualificado e treinado, trabalhando em um ritmo normal para executar determinada tarefa, a fim de padronizar o tempo padrão.

Segundo Toledo Jr. e Kuratomi (1989) tempo padrão é o tempo necessário para executar uma operação, de acordo com um método estabelecido, em condições determinadas, por um operador apto e treinado.

Para o balanceamento de linha é de suma importância ter o conhecimento do tempo padrão, pois através dele, determina-se a eficiência de cada máquina e o número de máquinas que cada pessoa pode operar.

No estudo de tempos e métodos a cronoanálise é uma ferramenta muito utilizada. A cronoanálise analisa os métodos, materiais, ferramentas e instalações utilizadas para a execução de um trabalho com o objetivo de encontrar uma forma

mais econômica de se fazer um trabalho, normalizar os métodos, materiais, ferramentas e instalações e determina de forma exata e confiável o tempo necessário para um empregado realizar um trabalho em ritmo normal (tempo padrão).

Através da cronoanálise é possível realizar análise do tempo padrão para execução de cada atividade, podendo visualizar qual a melhor proporção de máquina e mão de obra que atendam as necessidades de produção da empresa, possibilitando uma maior eficácia na utilização dos recursos disponíveis.

4.1 Resultados Preliminares

No processo estudado, foi realizado um estudo preliminar de cronoanálise e os resultados obtidos podem ser verificados na tabela abaixo, onde X1, X2, X3, X4 e X5 representam os 5 modelos trabalhados no processo e A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K e L representam os postos de operações do processo.

Tabela 2: Tempos em segundos necessários em cada posto

Veículo	A Direito	A Esquerdo	B Direito	B Esquerdo	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
X1	2,029	1,756	1,66	1,66	1,58	1,5	2,029	2,033	1,59		1,56	1,68	1,45	1,46
X2	2,029	1,756	1,66	1,66	1,58	1,5	2,029	2,033	1,59		1,56	1,68	1,45	1,46
X3	2,029	1,756	1,66	1,66	1,64	1,55	2,029	2,033	1,82		1,61	1,59	1,56	1,59
X4	2,029	1,756	1,66	1,66	1,84	1,86	2,029	2,033	1,85	0,65	1,35	1,48	1,51	1,56
X5	2,029	1,756	1,66	1,66	1,84	1,84	2,029	2,033	1,85	0,95	1,35	1,48	1,51	1,31

Fonte: Dados coletados em campo

5. Simulação

Segundo Freitas Filho (2008) a simulação é uma ferramenta que possibilita que modificações sejam propostas e testadas sem alterar nada no processo real, a partir da utilização de determinadas técnicas matemáticas, empregadas em computadores digitais, as quais permitem imitar o funcionamento de, praticamente, qualquer processo (sistemas) do mundo real,

Além disso, a simulação permite a análise de processos e linhas produtivas, possibilitando a identificação e localização de formações de filas e tempos de espera, o que pode acarretar em perda de capacidade produtiva.

A simulação possui desvantagens como a necessidade e treinamento especializado para a construção de modelos. Além disso, o resultado obtido nos programas, nem sempre é de fácil interpretação.

Por outro lado, apresenta vantagens como o fato de poder testar novos equipamento e modificações de arranjos físicos antes de fazer qualquer investimento com as aquisições envolvidas. Através da simulação é possível comprimir ou expandir o tempo de determinados processos e verificar os efeitos que essa ação causaria na realidade.

Devido a esses fatores possibilitados pela simulação, será utilizado no estudo de otimização do processo, o programa chamado Arena, que irá auxiliar na definição de pontos restritivos e permitirá que modificações do processo atual sejam propostas, a fim de gerar cenários possíveis e verificar os efeitos dessa mudança sem que essa seja efetivamente aplicada no processo real.

6. Balanceamento de linha

Uma linha de produção é composta por uma série de operações que estão alocadas nos postos de trabalho. Peinado e Graeml (2007) definem o balanceamento da linha como as atribuições de tarefas às estações de trabalho que forma a linha de forma que todas as estações demandem aproximadamente o mesmo tempo para a execução da tarefa. Isto minimiza o tempo ocioso de mão-de-obra e de equipamentos.

Baseado nessa definição, o estudo do balanceamento de linha se apresenta como fator importante para a eliminação das restrições presentes no processo analisado. Conforme dito por Toledo Jr e Kuratomi (1989, p.70) “O Balanceamento anula os “gargalos” de produção proporcionando o máximo de produtividade e eficiência, eliminando as “esperas” e mantendo o ritmo de trabalho do conjunto”.

Para que a linha esteja balanceada, é necessário que as atividades em cada posto de trabalho necessitem do mesmo tempo para realizar as operações, pois, dessa maneira a linha fluirá continuamente sem a presença de gargalos. Porém, nem sempre é fácil garantir um bom nível de balanceamento a linha, já que para que isso ocorra é necessário que as atividades sejam corretamente agrupadas, mas nem sempre é possível dividir algumas operações longas, nem mesmo agrupar

operações curtas, para garantir aproximadamente o mesmo tempo em todos os postos.

Para que seja verificado o balanceamento de uma linha, alguns indicadores são necessários, e são eles:

- **Tempo de Ciclo**

É o tempo disponível para que uma peça seja finalizada na linha de produção, a fim de atender as demandas da organização. O tempo de ciclo mínimo é o tempo necessário para a realização da atividade mais demorada da linha. Já o tempo máximo é o somatório dos tempos necessários para a realização de cada atividade.

- **Capacidade de Produção**

A capacidade de produção é a relação entre o tempo que empresa tem disponível para produzir, chamado de capacidade disponível e o tempo de ciclo citado acima. Conforme fórmula abaixo:

$$\text{Capacidade de produção} = \frac{\text{Capacidade Disponível}}{\text{Tempo de Ciclo}}$$

- **Nível de Produção Desejado**

É a quantidade de produtos que a organização tem a necessidade de produzir para atender a todas as demandas, sendo que, essa quantidade pode ser maior do que a capacidade de produção, e quando isso acontece é necessário modificar a linha de produção para aumentar a capacidade de produção, seja interferindo no tempo de ciclo ou na capacidade disponível, caso o aumento de demanda seja temporário, é mais viável que a capacidade disponível seja modificada, isso pode ser feito através de horas extras ou até mesmo implantação de um novo turno caso haja possibilidade. Caso, essa demanda seja permanente, é necessário uma modificação na própria linha, através de ampliação ou de realização das atividades em um tempo menor.

- **Número de Estações de Trabalho**

Segundo Peinado e Graeml (2007) é o número necessário de estações para atender a demanda e pode ser obtido através da divisão do tempo de ciclo máximo pelo tempo de ciclo. Porém, esse é apenas o número mínimo teórico, pois, o número de postos de trabalho vai depender da configuração da linha de produção e das possibilidades de balanceamento entre as operações de curta e longa duração.

- **Índice de Ociosidade**

Tempo ocioso, são os intervalos em que alguns postos permanecem sem atividades devido às diferenças de tempo para realizar uma atividade ou outra, quando maior o nível de balanceamento de uma linha, menor tende a ser o seu índice de ociosidade. Esse índice é determinado através da fórmula seguinte:

$$\% \text{ de ociosidade} = \frac{\sum \text{tempos ociosos das estações}}{\text{Número de estações} \times \text{tempo de ciclo}}$$

- Grau de Utilização

Representa o índice de utilização da mão de obra e dos equipamentos disponíveis na linha de produção.

De posse dessas informações, torna-se evidente o grau de importância da realização da análise do balanceamento da linha de produção para verificar e localizar os gargalos, além disso, balancear novamente a linha pode ser uma alternativa viável para a eliminação das restrições que impedem o fluxo contínuo da linha, otimizando a mesma e possibilitando o alcance das quantidades de produtos que a linha é capaz de produzir.

7. Análise do Arranjo Físico

Definir o arranjo físico segundo Slack, Chambers e Johnston (2009, p.181) “significa decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da operação”.

As decisões relativas aos arranjos físicos possuem como objetivos apoiar a estratégia competitiva da operação, eliminar atividades que não agreguem valor e/ou enfatizar atividades que agreguem através da organização e possível visualização do processo como um todo. Além disso, o arranjo físico corretamente elaborado pode minimizar os custos de manuseio e movimentação interna de materiais, possibilitar a utilização de espaço físico disponível de forma eficiente, evitando movimentações desnecessárias. E como objetivo representativo para a eliminação de gargalos, o arranjo físico pode contribuir de forma importante para a redução tempos de ciclo dentro das operações, garantindo fluxos lineares sem paradas de espera entre elas.

As literaturas sobre o assunto arranjo físico costumam definir como 4 ou 5 as formas de organizar a produção. (PEINADO; GRAEML, 2007)

E a definição de qual tipo escolher é de grande importância, pois, as atividades ligadas a arranjo físico são demoradas e difíceis, além disso, ter que modificar o arranjo físico, após sua implementação, acarreta na parada de funcionamento da unidade produtiva, já que essa modificação necessita da produção parada e dependendo da modificação essa parada pode ser durante um longo período, causando perdas representativas na produção.

Entretanto, a utilização de um arranjo físico inadequado ou mal elaborado, pode ser ainda mais prejudicial à organização do que realizar uma modificação. A utilização de um arranjo físico elaborado incorretamente, pode gerar fluxos longos ou confusos, estoque de materiais, inconveniência, processamento com tempos maiores do que o necessário, operações inflexíveis, formação de gargalos e custos desnecessários e elevados. (SLACK et al., 2006)

Para que seja feita a análise do arranjo físico do processo que desejamos eliminar os gargalos, é necessário conhecer as principais características dos tipos básicos de arranjos existentes.

a. Arranjo Físico Posicional

Também conhecido como arranjo físico de posição fixa, esse tipo de layout é utilizado quando o material a ser transformado possui grandes dimensões ou apresenta-se em condições delicadas para ser movimentado. Nesse tipo de processo, o produto permanece em estado estacionário e os maquinários e recursos necessários para sua modificação é que se movimentam o seu redor executando as operações necessárias.

As principais vantagens apresentadas por esse tipo de arranjo é que não existe a necessidade de movimentação dos produtos ao longo de sua construção, além de oferecer a possibilidade de terceirização do projeto ou de partes deles, com prazos fixados (PEINADO; GRAEML, 2007).

Como desvantagens desse arranjo podem ser citadas, a complexidade na supervisão e no controle de mão de obra, e recursos em geral. Além, de apresentar uma produção em baixa escala e dificuldades de padronização das operações.

b. Arranjo Físico Celular

Nesse tipo de arranjo, máquinas e recursos diferente necessários para a fabricação do produto inteiro, são alocadas próximas umas das outras, em um local que é denominado célula. Seguindo uma ordem pré-definida o material a ser

transformado percorre a célula, buscando todas as operações necessárias para ser finalizado.

Esse tipo de arranjo apresenta como vantagens a diminuição de transporte de materiais, diminuição da necessidade de estoques, e aumento de flexibilidade quanto ao tamanho de lotes de produto.

E como desvantagens esse arranjo apresenta uma grande dificuldade em ser elaborado, além de ser específico para uma família de produtos, ou seja, caso não se deseje à produção daquela determinada família, a célula ficará improdutiva mesmo tendo recursos disponíveis para produzir.

c. Arranjo Físico por Produto

Esse tipo de arranjo é tamanho conhecido como linha produtiva. É utilizado quando se deseja um fluxo rápido de fabricação de produtos padronizados. Para que isso aconteça, as unidades de operações são alocadas na seqüência de montagem do produto. O material a ser transformado percorre todo o fluxo de operação até ser finalizado. A disposição não necessariamente precisa ser em linha reta, em função do espaço ou do projeto este arranjo pode tomar a forma de um L, O, S ou U. E a escolha desse formato de linha também pode apresentar vantagens ou desvantagens dependendo do produto final, por exemplo, o formato em linha reta necessita do dobro do comprimento do que uma linha em U, além desse formato apresentar um tempo menor para reabastecimento de linha. (PEINADO; GRAEML, 2007).

O arranjo físico por produto apresenta como principais vantagens à possibilidade de produção em massa com grande produtividade, além de disso, essa produtividade pode ser facilmente controlada, já que a velocidade de produção pode ser reduzida, ou aumentada caso não hajam limitações técnicas para isso.

Como desvantagens, esse tipo de arranjo apresenta alto investimentos em máquinas, devido ao trabalho monótono das atividades dos operadores, pode acarretar o tédio e até mesmo doenças por esforços repetitivos. Além disso, apresenta uma grande fragilidade e paralisações e subordinação aos gargalos, já que a falha em uma operação gera problemas e atrasos nas operações seguintes.

d. Arranjo Físico por Processo

Também conhecido como arranjo físico funcional. Segundo Peinado e Graeml (2007, p.212) “O arranjo físico por processo agrupa em uma mesma área, todos os processos e equipamentos do mesmo tipo de função”.

Nesse tipo de arranjo o material a ser transformado se desloca, passando pelos diferentes processos necessários para sua finalização.

Esse tipo de arranjo possui como vantagem a possibilidade de atender a produtos diversificados em quantidade diferentes e ao mesmo tempo. Além disso, exige um menor investimento para instalação do parque industrial (PEINADO; GRAEML, 2007).

Como desvantagem, nesse layout é necessário que o produto percorra um longo caminho dentro da fabrica antes de ser finalizado e apresenta maior necessidade de mão de obra especializada.

e. Arranjos Físicos Mistas

“Muitas operações ou projetam arranjos físicos mistos, que combinam elementos de alguns ou todos os tipos básicos de arranjo físico ou, usam tipos básicos de arranjos de forma “pura” em diferentes partes da operação”. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009, p.190).

Esse tipo de arranjo é utilizado quando é necessário agrupar as vantagens oferecidas por dois ou mais arranjos físicos.

8. Comentário Final

Após a realização dos estudos e a identificação de todas as restrições de produção, será possível propor alternativas para ampliar a capacidade produtiva do processo. Essas alternativas poderão ser de alteração de arranjo físico ou de mudança de ordem de localização dos postos de trabalho baseada no balanceamento da linha. E todas as propostas de mudanças serão testadas pelo sistema de simulação Arena, que permitirá verificar de que forma é possível alcançar a maior quantidade de itens produzidos.

STUDY OF OPTIMIZATION FOR MAXIMIZING THE PRODUCTIVE CAPACITY OF ONE PROCESS IN AN AUTOMOTIVE INDUSTRY

ABSTRACT

Mayara Carla de Andrade¹
Maria Madalena de Andrade Carneiro²
Walber Thalison de Medeiros³

The aim of this article is to verify the main points necessary to optimize a production process in an automobile industry, which has several restrictions during its operation, which limits the most productive capacity defined in the project. The study has its theoretical base in the articles and books based on the main factors that influence and create productive restrictions that will be identified and located using a simulation program. The results obtained in the studies and analyzes will guide and enable the creation of solutions to increase current production capacity.

Keywords: Automotive Processes; Restrictions of the production; Balancing of the line.

REFERÊNCIAS

FREITAS FILHO, Paulo J. *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas*. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre R. *Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços*. Curitiba: UnicenP, 2007.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da Produção*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Christine; HARRISON, Alan; JOHNSTON Robert. *Administração da Produção: Edição Compacta*. São Paulo: Atlas, 2006.

TOLEDO JR., Itys-Fides B. *Cronoanálise*: Base da racionalização, da produtividade, da redução de cutos. 11. ed. São Paulo: O&M, 1989.