



III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

ESTUDO DE LOTE IDEAL DE GRÁFICA

Micael Daher Jardim (UFV) -michael.jardim@ufv.br

Ricardo Anderson Pereira de Souza (UFV) -randersonn@minette@ufv.br

Luciano José Minette (UFV) -minette@ufv.br

Caio Vinicius Graciano de Araújo (UFV) -caiozulu@yahoo.com.br

Átila Santos (UFV) -atilash@gmail.com

Resumo:

Foi estudada o sistema de produção de uma gráfica e calculado, por meio de modelos matemáticas bem estabelecidos, o lote ideal de fabricação de uma gráfica e o estoque de segurança.

Palavras Chave:

Sistema de Produção, Redução de Estoque, Lote ideal de fabricação, produção em gráfica.

1. Introdução

Gráficas são conhecidas por ter lotes grandes de fabricação. Na gráfica estudada não é diferente. Alguns produtos são fabricados para formar estoque de dois anos. Acredita-se, na área de produção, que os custos são diminuídos. Na área de distribuição e estoque, todavia, acredita-se que os custos são aumentados, pois os espaços para estoques estão lotados e começou-se a utilizar outros espaços improvisados.

Concerne à área de planejamento de produção o estudo de previsão de demanda, determinação do estoque de segurança e determinação da quantidade e que deve se produzir determinado produto e a periodicidade em que ele deve ser produzido.





Há cerca de 40 anos a Toyota Motors Company surpreendeu o mundo com o Toyotismo, Sistema Toyota de Produção, ou, como prefere-se chamar no Ocidente, o *Lean Manufacturing*, termo cunhado por Womack em *A Máquina que mudou o Mundo: clássico que trouxe a visão de sistemas de altíssima eficiência e estoque reduzido ao Ocidente* (WOMACK, et. al., 2004)

Estoques tem a função de diminuir a influência da variabilidade da produção, dos fornecedores e, principalmente, da demanda. (SLACK, et. al., 1997)

A manufatura japonesa tentou criar o estoque zero. Ou seja, um sistema de produção sem qualquer estoque. (CORIAT, 2003). Até hoje, não foi conseguido. Contudo, as maiores empresas do mundo tem esforço no sentido de reduzir o estoque ao mínimo necessário, trabalhando de forma mais inteligente. Prevendo a demanda, entendendo melhor o sistema produtivo e utilizando o máximo possível os dados – cada vez mais fáceis de gerar, armazenar e sintetizar.

Não é tarefa fácil, Jack Welch da General Electric investiu grande parte de sua carreira como CEO (*Chief Executive Officer*, executivo máximo da uma organização) tentando diminuir o estoque e aumentando a qualidade dos produtos (WELCH; BYRNE, 2001). Até hoje, na GE, analistas operacionais fazem curso de formação na ferramenta seis sigma, desenvolvido pela Motorola. (ECKES, 2001)

2. Contextualização da Pesquisa

A grande questão é. Os estoques de gráficas, principalmente, da gráfica estudada, são realmente altos ou manter os estoques altos – prática comum no setor – é uma boa escolha? Se for uma boa escolha, o estoque não poderia ser ainda melhor?

Estas são algumas perguntas que devem ser respondidas neste estudo.

Para isso, serão utilizadas ferramentas matemáticas e serão encontrados valores de estoque de segurança, lote ótimo de fabricação e periodicidade de produção dos lotes.





No caso da Gráfica, o estoque tem peculiaridades, pois há um custo de *setup* (instalação) para cada livro produzido. Por isso, não é possível afirmar sem uma análise aprofundada se os estoques devem ser reduzidos.

Aumentar o número de lotes de fabricação com tamanhos menores seria uma forma de diminuir o estoque. Outra forma, seria diminuir o estoque de segurança. A viabilização destas medidas não é, contudo, tão simples como parece.

Foi idealizado um estudo para estudar o tamanho de lote ideal a periodicidade de produção destes lotes.

3. Metodologia

A seguir, será tratada a metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa.

3.1. Tamanho de lote ideal

Definimos o tamanho do lote ideal de forma a minimizar o custo total de produção. Dado que há um ganho de escala ao se produzir lotes maiores e há uma perda devido ao estoque gerado, é necessário avaliar qual é o tamanho ideal do lote.

Abaixo, está escrita o somatório do custo total de fabricação, posteriormente, fazemos a minimização deste custo (SLACK, 1997)

$$CT_{Fabr} = C_o * D + C_s * \frac{D}{2} + i * C_o * \frac{Q}{2}$$

- CT_{Fabr} : Custo Total de Fabricação
- C_o : Custo unitário
- D : Demanda
- Q : Tamanho do Lote
- C_s : Custo de setup



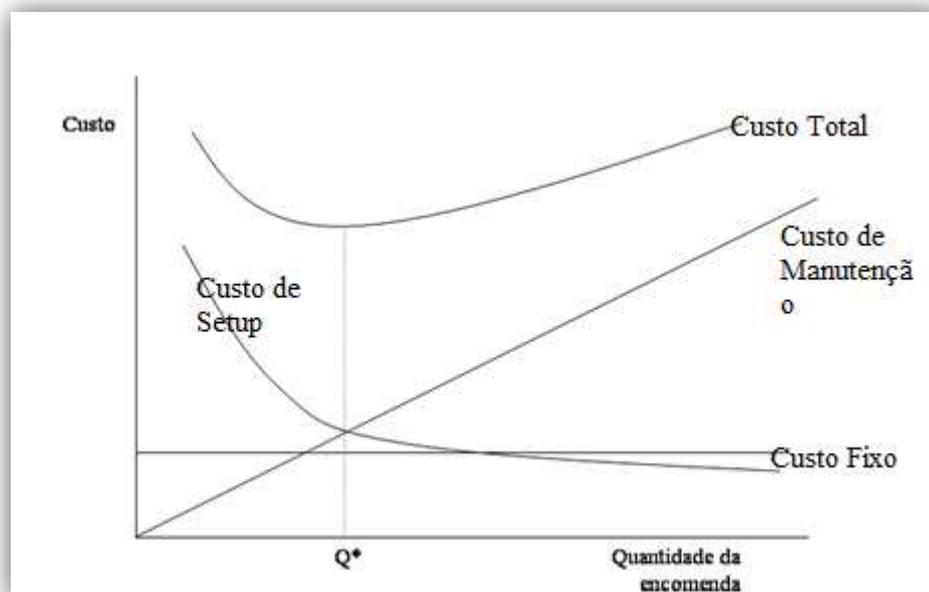
- i: Taxa de juros

Com operações matemáticas simples (derivada do custo em relação ao tamanho do lote igualada a zero), encontramos a relação para o tamanho do lote ideal.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2.Cs.D}{Co.i}}$$

Desta forma, será necessário levantar os dados para colocar na fórmula e assim encontrar o valor do lote ideal.

Estes elementos são representados no modelo EOQ (sigla para *Economic Order Quantity*, ou Quantidade Econômica de Pedido. No caso não estamos fazendo pedido, mas sim fabricando. De qualquer forma, o modelo se enquadra perfeitamente) representado no gráfico abaixo:



Fonte: CANDEA
Figura 1. Modelo EOQ



Vamos analisar cada elemento da fórmula. Será necessário determinar um livro que seja importante para a organização, segundo a quantidade produzida e o preço e levantar as informações a seguir para ele:

3.1.1. Custo unitário

Possivelmente, este valor já é conhecido. Se não for, será necessário calcular, até para ter uma ideia sobre a taxa de lucro do produto. O que é gasto no produto mais o rateio das atividades gerais da organização – o que é estudado pela contabilidade de custos – resolve o problema.

3.1.2. Custo de setup

O custo por trocar a produção de um livro por outro. Vamos considerar o tempo gasto da máquina para trocar o livro que está sendo produzido, tempo gasto do operador para trocar o livro que está sendo produzido.

Desgaste da máquina a cada vez que é utilizada: Há algum desgaste para iniciar a fabricação de um novo livro?

Desgaste da chapa: Qual a chance da chapa estragar em cada vez que se usa? Quantas chapas são utilizadas por cada livro? Qual preço de cada chapa? Em quanto tempo ela se torna obsoleta, mesmo em estado perfeito?

Outros custos que possam ocorrer a cada vez que um novo livro é fabricado.

3.1.3. Demanda

Serão necessários os dados de venda mês a mês do principal produto nos últimos três anos, para a montagem de uma série histórica que permita a previsão da demanda.

3.2. Quantidade de Lotes por ano

Tendo o tamanho do lote, uma simples relação com a demanda nos indica quantas vezes temos que produzir aquele lote em um período pré-estabelecido.





$$n = \frac{D}{Q^*}$$

n: Número de vezes que o lote será fabricado no período estipulado.

3.3. Estoque de segurança

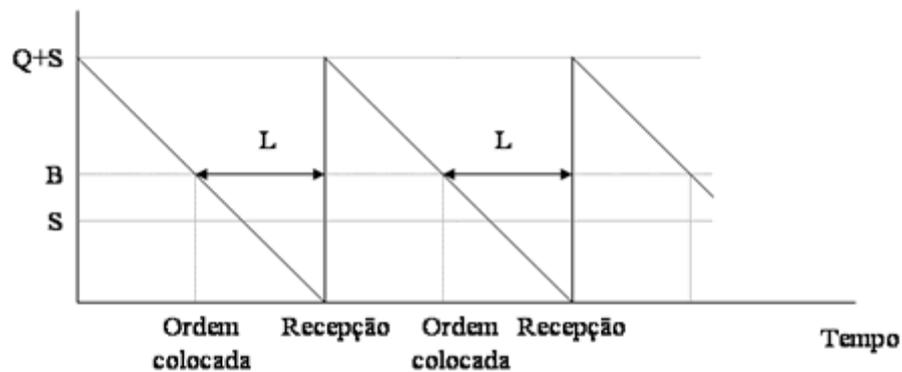
É a quantidade de produto acabado que deve atender a demanda durante o prazo de entrega, de forma que quando o novo lote for atendido, já não haja estoque (SLACK, 1997).

$$ES = z * \sqrt{\sigma_d^2 * t + \sigma_t^2 * d^2}$$

- ES: Estoque de Segurança
- Z: Referente ao nível de serviço
- σ_d : Desvio padrão da demanda
- σ_t : Desvio padrão do *lead time*
- t: Lead time
- d : Demanda

A relação de tamanho de lotes, pedidos e prazo de entrega e lotes de segurança estão representadas no modelo probabilístico abaixo:





Fonte: CANDEA

Figura 2. Estoque de Segurança

A seguir, são explicados os termos que apareceram pela primeira vez da fórmula.

3.3.1. Lead time

É o tempo que demora desde o pedido até o recebimento, podemos chamar de prazo de entrega. Será necessário os dados dos *lead times* dos últimos cinco anos para o produto. Se não houver cinco anos, encontrar o máximo possível.

3.3.2. Nível de Serviço

O nível de serviço indica a probabilidade de faltar produto. Portanto, é dado em percentual. Um nível de serviço de 100% indica chance zero de falta. Contudo, como este modelo probabilístico trabalha com distribuição normal, chance zero de falta corresponderia a estoque de segurança infinito. Desta forma, busca-se um nível de serviço referente à real necessidade da empresa e a sua visão estratégica e posicionamento no mercado. Deve-se observar o custo de estoque e o custo da falta do produto.

Por exemplo, pode-se argumentar que o nível de serviço do pão em uma padaria deve ser alto. Contudo, é um produto de margem de lucro baixa e que é fabricado rapidamente, desta forma, o cliente pode esperar alguns minutos até o pão ficar pronto, até porque pão recém saído do forno tem valor maior para os clientes.



Desta forma, decidir o nível de serviço não é tarefa fácil. Por outro lado, ao se decidir o nível de serviço, basta-se buscar uma tabela de referência z para a curva normal e encontrar o valor z.

4. Cálculo do Lote Ideal de Fabricação

Precisamos dos dados referentes aos conceitos apresentados para calcular os valores, e apresentar cálculos que concluam sobre a possibilidade de modificar a forma de produção e reduzir os estoques.

Foi escolhido o livro “Botânica Organografia”. Vemos encontrar os valores de cada um dos elementos para colocar na fórmula. Vemos que, na prática, estes valores não estão explícitos ou evidentes, é preciso levantar informações, realizar aproximações, simulações, etc. Enfim, encontrar um valor que seja aceitável e chegar a um resultado que precisa ser validade. De qualquer forma, utilizar o conhecimento científico, mesmo que de forma imprecisa pode facilitar uma nova abordagem e uma nova visão, facilitando uma melhor tomada de decisão.

4.1. Custo unitário

O custo dos insumos:

- 2011: R\$3,74 por unidade para fabricação de 1000 livros;
- 2012: R\$1,95 por unidade para fabricação de 2030 livros;
- 2013: R\$2,06 por unidade para fabricação de 1977 livros.

Desta forma, vamos fazer média ponderada e utilizar o custo médio dos livros nos últimos três anos.

$$C_o = \frac{1}{(Q_{11} + Q_{12} + Q_{13})} * (C_{11} * Q_{11} + C_{12} * Q_{12} + C_{13} * Q_{13}) =$$
$$= 5007 * \left(\frac{3,74}{1000} + \frac{1,95}{2030} + \frac{2,06}{1977} \right) = \frac{R\$2,35}{livro}$$

Desta forma, chegamos ao resultado de R\$2,35 de custo por cada livro produzido.





4.2. Custo de setup

Funcionários da editora afirmam que a cada troca de chapa, ela é desgastada. Contudo, não se sabe qual a perda da durabilidade da chapa ao efetuar uma troca, por isso, vamos precisar fazer uma estimativa.

Uma chapa é feita para produzir determinada quantidade de livros. Acontece que a cada vez que ela é trocada, ou seja, a cada novo lote – no caso, é o mesmo que considerar a cada novo setup, pois cada novo lote gera um novo setup – há uma perda na quantidade de livros que a chapa poderia produzir.

Desta forma, vamos considerar que uma chapa perde 1% da sua capacidade produtiva a cada lote.

Por exemplo, vamos considerar que a chapa produza tenha capacidade de produzir 2000 livros. Você pode fazer isso em um ou mais lotes. Consideremos, no nosso exemplo, quatro lotes.

- Um lote de 2000 mil exemplares a cada dois anos
- Quatro lotes de 500 exemplares a cada seis meses.

Contudo, há uma perda por troca, de forma que produzindo quatro lotes, não teríamos 500 exemplares de cada, mas uma perda de 1% a cada lote.

- Um lote de 1980 exemplares a cada dois anos.

Quatro lotes de 480 cada. Totalizando 1920.

Neste exemplo ilustrativo, totaliza-se uma perda de 60 exemplares devido ao aumento da quantidade de lotes produzidos.

Ou seja, 20 livros a cada novo lote, desta forma, a perda de chapa por setup é de 20 livros. O que se traduz em um custo de oportunidade igual ao lucro de cada livro multiplicado por vinte.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Mas qual é o lucro de cada livro? Seria fácil pegar o preço de venda e subtrair do custo. Contudo, a gráfica faz parte da editora, não vende para ela, portanto, não podemos considerar o preço de venda do livro pela editora.

Sabemos que a composição do preço do livro é assim distribuída, baseada em seus custos:

- 40% custos de distribuição e comercialização;
- 20% direitos autorais;
- 10% de margem de contribuição;
- 30% custos adicionais.

O preço de capa do livro é R\$39,00. Desta forma, consideramos que os custos de distribuição e comercialização assim como os custos de direitos autorais são da Editora, com isso, devem ser retirados do preço de capa. Também, não seria justo deixar toda a margem para a gráfica, vamos dividir em duas partes. Consideremos que a receita para a gráfica – por cada livro vendido – é de 15% dos custos (metade dos custos extra, que envolve aluguel, pessoal, energia, etc.) mais 5% de margem de contribuição, o que pode ser chamado de lucro. De forma que o valor é de 20% de 39,00 reais.

A receita por cada livro (ou preço) para a gráfica é de R\$7,80.

Agora, podemos calcular o custo de oportunidade:

$$\begin{aligned} C_s &= C_{oportunidade} = Q * lucro_{unitário} = Q * (p - C_o) = \\ &= 20 * (R\$7,80 - R\$2,35) = R\$109,00/setup \end{aligned}$$

Não há perda considerável por máquina, mão de obra ou outros fatores, já que consiste em uma troca normal de chapa que é realizada normalmente.

4.3. Demanda

O valor da demanda será baseado nos dados de vendas dos últimos três anos. Os dados de venda são dispostos na tabela a seguir:





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2012	53	103	394	177	131	98	35	412	117	96	397	157
2013	81	177	219	80	141	58	140	268	217	255	186	56
2014	103	73	230	134	59	46	60	190	190	169	81	25

Fonte: EMPRESA (2015)

Tabela 1. Dados de Vendas

Desta forma, calcula-se a média de vendas dos últimos três anos e encontramos uma média mensal de vendas de 150 livros. Estimamos que a demanda para o próximo ano se mantenha constante e seja de 1800 livros.

4.4. Resultado

Utilizando a fórmula já explicada.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot C_s \cdot D}{C_o \cdot i}}$$

C_o : R\$2,35/livro

C_s : R\$109,00/setup

D : Demanda: 150 livros por ano.

i : Taxa de Juros: 11,25% por ano.

Desta forma, calculamos:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * 109,00 * 150}{2,25 * 0,1125}} = 359 \text{ livros}$$





Chegamos à conclusão que 359 livros é a quantidade perfeita para maximizar os ganhos econômicos da gráfica.

5. Cálculo de Quantidade de Lotes por Ano

Ao obter o tamanho do lote ideal, com a demanda que já havia sido obtida e o lote ideal recém obtido, é muito simples calcular a quantidade de lotes fabricados em um ano. Utilizaremos a relação matemática citada anteriormente:

$$n = \frac{D}{Q^*} = \frac{150}{359} = 0,4 \text{ lotes ao ano}$$

Chegamos à conclusão de que o ideal é fabricar 0,4 lotes por ano, ou um lote a cada 30 meses.

6. Cálculo do Estoque de Segurança

Vamos ao levantamento para o cálculo do estoque de segurança

6.1. Desvio padrão da demanda

A demanda, naturalmente, não é a mesma. Ela se altera. Desta forma, o desvio padrão na demanda representa quanto a demanda desvia, em geral, da sua média. Portanto, se espera que no próximo ano se venda a média mais ou menos seu desvio padrão. Foram colocadas as médias de venda anual como entrada e o valor retornado por um software de estatística para o desvio padrão foi de 99 livros

6.2. Lead time

Para a fórmula matemática mostrada, falta apenas os valores referentes ao lead time. Praticamente não há variabilidade no prazo de entrega, que é de oito dias





6.3. Nível de Serviço

Estipularemos o nível de serviço de 99.87 por cento. É valor bastante alto, diminuindo consideravelmente a chance de faltar algum livro. Para este nível de serviço, o valor de z é igual a três.

6.4. Resultado

Para chegar ao valor do estoque de segurança, vamos utilizar a relação citada anteriormente. Contudo, ela será simplificada, dado que a variação na demanda é de praticamente zero.

$$ES = z * \sqrt{\sigma_d^2 * t + \sigma_t^2 * d^2} = z * \sigma_d * \sqrt{t}$$

Temos que:

$$z = 3$$

$$\sigma_d = 99 \text{ livros}$$

$$\sigma_t = 0,752 \text{ dias}$$

$$t = 8,833 \text{ dias}$$

$$d = 1800 \text{ livros}$$

Desta forma:

$$ES = z * \sigma_d * \sqrt{t} = 3 * 99 * \sqrt{8,833} = 883 \text{ livros}$$

É necessário que o estoque de segurança seja de 883 livros. Ou seja, ao chegar ao nível de 883 livros, deve-se efetivar o pedido de um novo lote.





7. Conclusão

Ao tentar resolver um problema real, percebe-se que os dados não são claramente dispostos. Muitos valores devem ser estipulados, aproximados, corrigidos e editados de forma que se possa encontrar algo que condiz com a realidade e que facilite a tomada de decisão no nível operacional.

A maior validade deste texto é mostrar como é importante partir de modelos matemáticos ideias e mesmo em um mundo não ideal chegar a valores úteis, mesmo que não exatos.

No caso estudado, algumas dificuldades foram encontradas. Uma característica diferenciadora é que a gráfica e a editora se tratam de uma mesma empresa. Desta forma, o preço de venda e a análise de custos podem ficar prejudicadas, pois o rateio das despesas (gastos não operacionais) estão mesclados, impossível de definir exatamente o custo unitário do produto, por exemplo.

O senso comum e a experiência do que trabalham com produção gráfica dizem que os lotes tem que ser grandes. Contudo, nas entrevistas realizadas, nada justificou esta afirmativa. Esta impressão de que os lotes devem ser muito grandes, provavelmente, parte da sensação de aumento de custos devido à dificuldade de setup. O que demanda esforço físico de mais de uma pessoa. Contudo, o trabalho dos operadores em gráfica é basicamente o setup, haja vista que não se opera enquanto a máquina está produzindo. Desta forma, ao diminuir o tamanho dos lotes e aumentar a sua quantidade, os funcionários realmente trabalhariam mais. Aumentando a própria eficiência, mas sem aumentar os custos de mão de obra. Claro que no caso de empregados “horistas” (que são pagos por hora), esta lógica não é válida.

Foi encontrado um resultado relativamente alto para o estoque de segurança, o que é justificado pela variação na demanda.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

O tamanho ideal do lote, todavia, foi considerado pequeno, o que é ótimo para a editora, que pode diminuir o estoque médio e o estoque máximo do livro em seus estoques, mesmo com o estoque de segurança alto.

Espera-se que os resultados sirvam para o auxílio à tomada de decisão da empresa. Será necessário realizar testes com a produção de um lote reduzido e a manutenção de estoque de segurança para ver como o sistema reage.

Foi feito o estudo para apenas um dos vários produtos do portfólio. Ou seja, a Editora vende dezenas de livros diferentes. O estudo foi feito para um livro importante da editora. Posteriormente, o estudo poderá ser feito para mais livros e o sistema de custos unitários e controle de vendas e previsão da demanda poderão ser melhorados utilizando ferramentas modernas de *forecasting* e quem sabe, no futuro, iniciar a utilização de *Big Data* a ferramenta que está revolucionando a manufatura.

REFERÊNCIAS

CANDEA, Dan e HAX, Arnoldo C. PRODUCTION AND INVENTORY MANAGEMENT. Englewood Cliffs, NJ. Ed. Prentice-Hall. 1984. 513 p.

CORIAT, B. Pensar pelo avesso. Rio de Janeiro: Revan, 2003. 212 p.

ECKES, G. A Revolução Seis Sigma: o Método que Levou a Ge e Outras Empresas a Transformar Processos Em Lucro. São Paulo: Campus, 2001. 272 p.

SLACK, N. et. al. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 1997. 726 p.

WELCH, J.; BYRNE, J.A. Jack Definitivo: Segredos do Executivo do Século. São Paulo: Campus, 2001. 561 p.

WOMACK, James; JONES, Daniel; ROSS, Daniel. A Máquina que mudou o Mundo: clássico que trouxe a visão de sistemas de altíssima eficiência e estoque reduzido ao Ocidente. São Paulo: Campus, 2004. 368 p.

