



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



DEFINIÇÃO DE LOTE ECONÔMICO DE FABRICAÇÃO DE UM COMPONENTE DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS

1º CASSIANO TAVARES – cassiano.tavares@estudante.ufscar.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCar

ÁREA: 1 – ENG. DE OPERAÇÕES E PROCESSOS DA PRODUÇÃO

SUBÁREA: 1.2 – PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

RESUMO: Neste trabalho é proposto o emprego de lotes econômicos de fabricação com entrega parcela em componentes de máquinas agrícolas. Após os levantamentos de todos os dados necessários e a aplicação do cálculo do lote econômico foi possível observar que a implementação da quantidade de lote sugerida para um determinado item trará uma economia de 66% no custo de fabricação do lote para a organização, além de outros benefícios como: menor área necessária para a armazenagem do lote e disponibilização de carga disponível no recurso gargalo para o atendimento de outras demandas.

PALAVRAS-CHAVES: LOTE ECONÔMICO DE FABRICAÇÃO. MÁQUINAS AGRÍCOLAS. REDUÇÃO DE CUSTO.

1. INTRODUÇÃO

Material Requirements Planning (MRP) é um sistema de controle de materiais, que hierarquicamente recebe a demanda de produtos acabados do Master Planning Schedule (MPS) e através das *Bill of Materials* (BOM) e dos níveis de estoques, realizada a determinação de: o que, quando e quando produzir ou comprar diversos materiais. Os parâmetros fundamentais para que o sistema MRP funcione adequadamente são: tamanho de lote, estoque de segurança e lead times. Destes pontos fundamentais, o tamanho do lote possui maior peso, pois em uma BOM a quantidade de item de nível estrutural menor (item pai) determina a quantidade de material que serão utilizados nos níveis maiores da estrutura de produtos (itens filhos) (Fernandes e Godinho Filho, 2016).

Entretanto a decisão sobre os tamanhos de lotes deve estar alinhada com a estratégia da organização, pois altos níveis de estoque, trazem diversas desvantagens para a organização como: capital parado que poderia ser utilizado em outros recursos, impostos que incidem sobre os níveis de estoque, consumo de espaço de valor agregado que poderia ser direcionado a outros itens com maior urgência em um dado momentos, custos desnecessários com movimentações e armazenagens logísticas, entre outros (Suri, 2010).

É justamente neste ponto que o presente trabalho busca contribuir com a definição de lotes econômicos de fabricação de componentes de implementos agrícolas em uma indústria localizada na região da cidade de São Carlos/SP, de modo a (i) reduzir custos, (ii) reduzir o consumo de área de armazenagem e (iii) reduzir utilização desnecessária de capacidade nos recursos.

2. CUSTOS RELACIONADOS AOS TAMANHOS DOS LOTES DE REPOSIÇÃO

A definição dos tamanhos de lote de reposição é uma visão orientada aos custos envolvidos na gestão de estoques (Suri, 2010). Os custos de estoque são compostos por três componentes: custos diretos, custos de preparação e custos de manutenção dos estoques. A ideia central da definição destes lotes é encontrar o tamanho do lote (Q) que minimiza todos os custos envolvidos na gestão de estoques (Tubino, 2009).

Os custos diretos (CD) são aplicados no processo de fabricação do item, sendo proporcionais à demanda de consumo do período (D) e custo de fabricação unitário (C) do item naquele período. Os custos de preparação (CP) são todos os esforços necessários que ocorrem previamente antes do processo fabricação do item, podendo ser constituídos por: mão de obra para o processamento das ordens de fabricação, custo para ativar recursos (máquinas ou linhas

de produção), entre outros. Estes custos são proporcionais ao custo de uma preparação (A) e a quantidade de preparações solicitadas no período (N). Por fim, os custos de manutenção dos estoques (CM) são os esforços necessários para carregar os estoques dos itens para manter o sistema produtivo em funcionamento, não afetando os níveis de serviços exigidos, podendo ser compostos por: custos de armazenagem, custos de movimentação, custo de capital investido, entre outros. Estes custos são proporcionais à quantidade de estoque médio no período do planejamento (Q_m), o custo unitário do item (C) e as taxas de encargos financeiros que incidem sobre a decisão de carregar estoques para os próximos períodos (I) (Slack, Chambers, Johnson, 2009).

Dadas estas definições, se pode encontrar uma equação com o custo total (CT) envolvido na gestão de estoques, apresentada a seguir:

$$CT = CD + CP + CM. \quad (2.1)$$

Realizando as devidas substituições, tem-se:

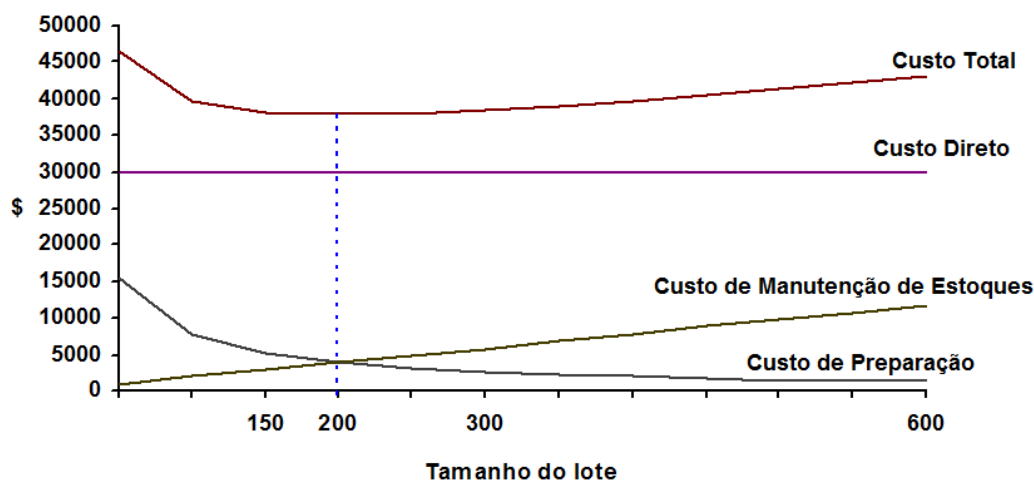
$$CT = (D \cdot C) + (N \cdot A) + (Q_m \cdot C \cdot I). \quad (2.2)$$

Definindo $N = D/Q$ chega-se:

$$CT = (D \cdot C) + \left(\frac{D}{Q} \cdot A\right) + (Q_m \cdot C \cdot I). \quad (2.3)$$

A Figura 1 apresenta a interrelação entre todos estes custos. Como o custo direto é proporcional a demanda, sua curva é linear. Já o custo de preparação decai à medida que o tamanho do lote aumenta. Este comportamento ocorre de forma contrária quando o custo de manutenção de estoque é analisado e o tamanho do lote aumenta. Analisando a Figura 1 é possível observar que o tamanho de lote econômico de fabricação $Q = 200$ peças (que minimiza o custo total), ocorre no cruzamento dessas três curvas (custo direto, custo de preparação e custo de manutenção dos estoques).

FIGURA 1 - Custos envolvidos na definição dos tamanhos dos lotes.



Fonte: Tubino (2009).

2.1 Lote econômico de fabricação com entregas parceladas

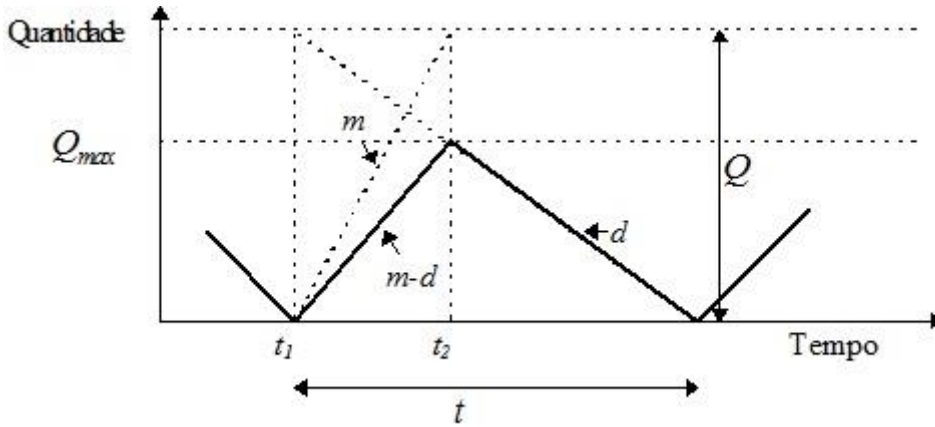
No lote econômico de fabricação com entrega parcelada, quando é solicitada a fabricação de um lote econômico (Q) para a reposição de estoque, não se faz necessária a finalização do lote de fabricação para que o sistema continue operando sem interrupção. Com isso, a entrega pode ocorrer de forma fracionária de modo a garantir um fluxo contínuo de produção (Queiroz, 2016).

Desta forma, adota-se que à medida que as peças são produzidas a uma taxa de entrega (m) elas ficam disponíveis para o abastecimento de linha de produção. Com isso, a partir da primeira peça finalizada, o abastecedor de linha já pode alimentar as células produtivas sem a necessidade de aguardar a finalização do lote. Esse processo pode se repetir por diversas vezes dependendo da necessidade de consumo e urgência do item.

Em muitas ocasiões, por variações no processo produtivo por diversos fatores, o processo de fabricação e abastecimento se utiliza desse artifício para contornar as adversidades, por isso, essa modalidade ficou conhecida com lote econômico com entrega parcelada ou lote de fabricação.

A Figura 2 apresenta a dinâmica da variação do nível de estoque e a reposição de estoque ocorrendo de forma parcelada. No caso apresentado pela Figura 2, o nível de estoque médio do item (Q_m) é obtido pela área do triângulo formado na figura onde a base é período de tempo (t) e a altura é Q_{max} , apresentado pela Eq. (2.4).

FIGURA 2 - Variação no nível de estoque com entrega parcelada.



Fonte: Tubino (2009).

$$Q_m = \frac{t \cdot Q_{max}}{2} \cdot \frac{1}{t} = \frac{Q_{max}}{2}. \quad (2.4)$$

Como o objetivo deste dimensionamento de estoque médio é dado em função do tamanho do lote de reposição (Q) e não do tamanho máximo do estoque (Q_{max}), emprega-se a equivalência de triângulos na Figura 2, dada pelas Eqs. (2.5) e (2.6), onde m é a taxa de entrega da fabricação do item e d é a demanda de consumo diária do item (Tubino, 2009):

$$\frac{Q_{max}}{(t_2 - t_1)} = \frac{m - d}{1} \rightarrow Q_{max} = (m - d) \cdot (t_2 - t_1), \quad (2.5)$$

$$\frac{(t_2 - t_1)}{Q} = \frac{1}{m} \rightarrow (t_2 - t_1) = \frac{Q}{m}. \quad (2.6)$$

Substituindo os valores encontrados pela semelhança de triângulos, presentes nas Eqs. (2.5) – (2.6) na Eq. (2.4), tem-se:

$$Q_m = \frac{Q_{max}}{2} = \left(1 - \frac{d}{m}\right) \cdot \frac{Q}{2}. \quad (2.7)$$

Substituindo o valor de Q_m obtido pela Eq. (2.7) na equação do custo total da gestão de estoques, apresentados pela Eq. (2.3), chega-se:

$$CT = (D \cdot C) + \left(\frac{D}{Q} \cdot A\right) + \left(\left(1 - \frac{d}{m}\right) \cdot \frac{Q}{2} \cdot C \cdot I\right). \quad (2.8)$$

O valor mínimo da Eq. (2.8) é equivale ao tamanho do lote econômico (Q^*). Para a obtenção deste valor, deve-se: (i) derivar Eq. (2.8) em relação ao tamanho do lote (Q), (ii) igualar esta nova equação a zero, (iii) isolar o termo que contém Q e definir este ponto encontrado como Q^* . Realizando todos estes passos, tem-se (Tubino, 2009):

$$\frac{\partial CT}{\partial Q} = 0 + \frac{D \cdot A}{Q^2} + \frac{C \cdot I}{2} \left(1 - \frac{d}{m}\right) = 0, \quad (2.9)$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot A}{C \cdot I \cdot \left(1 - \frac{d}{m}\right)}}. \quad (2.10)$$

Da mesma forma, definindo $N = D/Q$ chega-se à periodicidade econômica (N^*) que o lote de reposição econômico deve ser fabricado:

$$N^* = \sqrt{\frac{D \cdot C \cdot I \cdot \left(1 - \frac{d}{m}\right)}{2 \cdot A}}. \quad (2.11)$$

Algumas considerações que devem ser realizadas a respeito dos lotes econômicos são:

- (i) devido a imprecisão dos levantamentos dos parâmetros utilizadas nas fórmulas, usualmente adota-se uma faixa econômica de valor, onde a quantidade do lote pode ter um certo desvio dos valores calculados. Este ponto é demonstrado pela Figura 1, na região próxima ao ponto mínimo da curva de Custo Total ($Q = 200$ peças), onde a faixa econômica é compreendida pelos valores são próximos.
- (ii) o custo de *setup* presente dentro de CP em um cenário real é uma variável podendo ser reduzido, porém nos cálculos dos lotes econômicos ele é considerado como parâmetro.
- (ii) os custos de movimentação e armazenagem presentes em CM são muito difíceis de estimar, pois são custos indiretos e geralmente estes processos ocorrem de formas compartilhadas utilizando em uma mesma operação diversos itens que não necessariamente compõe o lote de fabricação em questão (Fernandes e Godinho Filho, 2016).

3. DEFINIÇÃO DO LOTE ECONÔMICO

3.1 Escolha dos itens

Para a realização dos cálculos dos lotes econômicos foi realizado um estudo para a definição de prioridades. Este estudo apontou que os componentes que possuem as suas respectivas matérias primas (MP) provenientes de materiais que passam pelo processo de fundição seriam os itens que dariam início ao processo de cálculo dos lotes econômicos por dois fatores: o *lead time* de fornecimento destas MP possui um valor alto (trinta e cinco dias aproximadamente) e os processos posteriores de usinagem para a transformação destas MP, que possuem alto valor agregado. Com isso, foi elaborada uma Curva ABC baseada em custo, apresentada pela Tabela 1.

Na primeira coluna da Tabela 1 é apresentado o índice do item após a ordenação dos dados pela sexta coluna, na segunda coluna é apresentado o código do item, na terceira coluna é apresentado o consumo anual, a quarta coluna mostra o valor unitário de aquisição do item, a quinta coluna apresenta o valor gasto anualmente com as aquisições do item, a sexta coluna apresenta a porcentagem da quinta coluna em relação ao total, a sétima coluna apresenta os valores de porcentagens acumuladas da sexta coluna, por fim, a oitava coluna apresenta a classificação ABC dos itens, onde foi adotado: A = 20% dos itens, B = 30% dos itens e C = 50%.

Após a elaboração da Classificação ABC foi selecionada a MP C.FC.00007 para a elaboração dos cálculos do lote econômico de fabricação dois pontos: (i) sua representatividade de 11,19% do custo total de compras no ano e (ii) o C.FC.00007 dá origem ao item M.FC.00007 – Cubo Médio de 6 furos, que sofre quatro processos de usinagem em máquinas de Comando Numérico Computadorizado (CNC) de alto valor agregado.

3.2 Descrição do processo

Para a definição do lote econômico deste estudo foi necessário considerar o custo de transformação da MP C.FC.00007, pois: (i) há uma agregação de valor e (ii) capacidades de máquinas CNC são consumidas. O processo de transformação ocorre em duas máquinas CNC: torneamento em um torno Romi – Century 30 D e furação em um centro de usinagem Romi D 800 apresentadas pela Figura 3. Já a geometria obtida após a usinagem é apresentada pela Figura 4.

O processo de transformação ocorre primeiramente no torno Romi – Century 30 D e posteriormente, as furações são realizadas no centro de usinagem Romi D 800. Para a operação de torneamento, primeiramente o material é fixado de um lado e usinado no lado posterior à fixação, realiza-se esse procedimento até a última peça do lote para não haver desperdícios de tempo. Em seguida, fixa-se o lado que foi usinado na primeira etapa e é usinado o lado posterior, realiza-se esse procedimento até o final do lote.

Para a operação de furação no centro de usinagem, são fixadas duas peças, uma em uma castanha convencional e outra em um dispositivo específico construindo pela própria organização fixando a peça em no ângulo solicitado pelo desenho para a furação e o rosqueamento. O programa inicia-se com o ciclo de furação na primeira peça e depois o eixo parte para a segunda peça fixada no dispositivo para a furação e o rosqueamento. A Figura 5 apresenta este processo de fixação, onde do lado esquerdo da Figura 5 é apresentada a fixação convencional na castanha para o ciclo de furações perpendiculares e do lado direito da Figura

5 é a apresentada a fixação no dispositivo específico para a realização da furação e o rosqueamento em ângulo.

TABELA 1 - Classificação ABC em relação ao custo das famílias das MP fundidas

Nº do item	Código da MP	Quantidade Consumida (pcs)	Preço Unitário	Valor anual	% do total	% acumulativa do valo consumido	Classificação
1	C.FN.00056	11650	R\$ 48,65	R\$ 566.804,28	15,54%	15,54%	A
2	C.FC.00007	7156	R\$ 57,03	R\$ 408.078,61	11,19%	26,72%	A
3	C.FC.00005	9271	R\$ 43,78	R\$ 405.881,68	11,13%	37,85%	A
4	C.FN.00138	2135	R\$ 150,95	R\$ 322.278,02	8,83%	46,69%	A
5	C.FN.00034	5198	R\$ 37,46	R\$ 194.719,84	5,34%	52,02%	A
6	C.FN.00092	9415	R\$ 18,76	R\$ 176.664,36	4,84%	56,87%	B
7	C.FN.00152	2709	R\$ 54,67	R\$ 148.100,06	4,06%	60,93%	B
8	C.FC.00020	3375	R\$ 42,80	R\$ 144.458,06	3,96%	64,89%	B
9	C.FN.00049	3110	R\$ 40,98	R\$ 127.460,98	3,49%	68,38%	B
10	C.FN.00109	7610	R\$ 16,69	R\$ 127.017,63	3,48%	71,86%	B
11	C.FC.00019	1319	R\$ 88,12	R\$ 116.223,77	3,19%	75,05%	B
12	C.FN.00118	1012	R\$ 112,15	R\$ 113.491,96	3,11%	78,16%	B
13	C.FN.00007	2329	R\$ 47,34	R\$ 110.248,94	3,02%	81,18%	C
14	C.FN.00002	1483	R\$ 72,38	R\$ 107.339,05	2,94%	84,12%	C
15	C.FN.00003	1541	R\$ 69,66	R\$ 107.339,05	2,94%	87,07%	C
16	C.FN.00108	7640	R\$ 13,09	R\$ 99.973,91	2,74%	89,81%	C
17	C.FN.00137	579	R\$ 137,28	R\$ 79.485,21	2,18%	91,99%	C
18	C.FN.00011	959	R\$ 71,23	R\$ 68.314,11	1,87%	93,86%	C
19	C.FN.00004	2100	R\$ 22,33	R\$ 46.897,36	1,29%	95,14%	C
20	C.FN.00035	80	R\$ 525,00	R\$ 42.000,34	1,15%	96,30%	C
21	C.FC.00136	520	R\$ 79,24	R\$ 41.202,96	1,13%	97,43%	C
22	C.FN.00053	529	R\$ 77,34	R\$ 40.914,55	1,12%	98,55%	C
23	C.FC.00031	850	R\$ 39,85	R\$ 33.871,53	0,93%	99,48%	C
24	C.FN.00149	63	R\$ 303,52	R\$ 19.121,73	0,52%	100,00%	C
Total		82633	Total	R\$ 3.647.887,99			

Fonte: Elaborada pelo autor.

FIGURA 3 - Máquinas CNC utilizadas para a obtenção da geometria M.FC.0007.



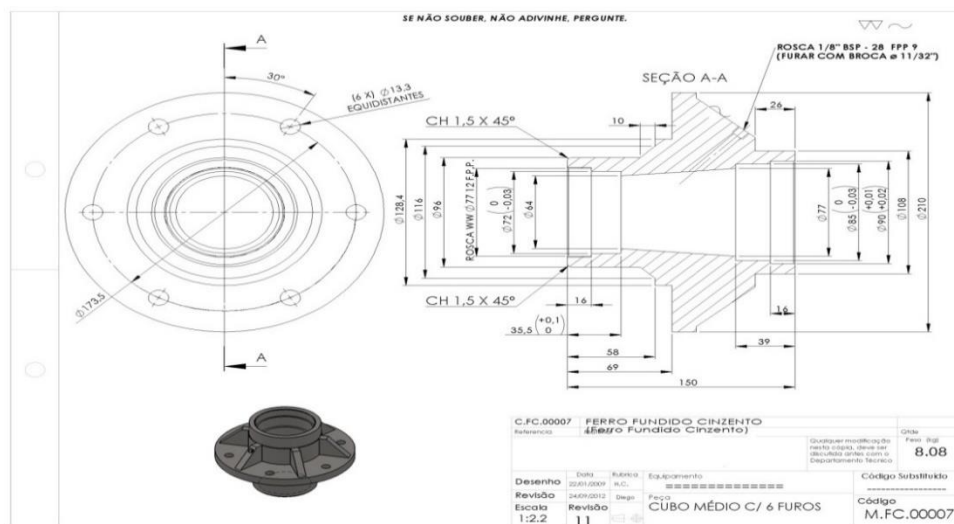
(a) Torno CNC – Century 30D



(b) Centro de Usinagem – Romi – D800

Fonte: ROMI.

FIGURA 4 – Processo de transformação da MP C.FC.0007 para a obtenção da geometria final (M.FC.0007).



Fonte: Empresa A.

FIGURA 5 - Fixação para o processo de furação e rosqueamento do M.FC.0007.



Fonte: Empresa A.

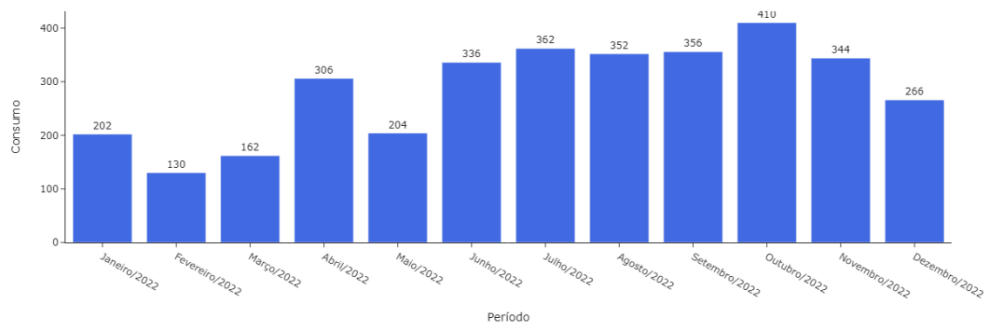
3.2 Custo de preparação da ordem de fabricação

Para que ocorra a transformação do item M.FC.00007 são necessários dois processos que ocorrem nas áreas de Compras e Planejamento e Controle da Produção (PCP). A área de Compras leva um dia em seu processo entre a análise da demanda, cotação e negociação para a compra da matéria-prima C.FC.00007. Já a área de PCP leva quatro horas para a realização da programação da produção, geração e liberação das ordens de fabricação. Todo este processo, gera um custo $A = R\$ 293,15$. Este valor e todos os demais valores financeiros apresentados neste trabalho são multiplicados por um fator para preservar a confidencialidade dos dados da Empresa A.

3.3 Análise da demanda de consumo

Para o levantamento dos parâmetros demanda de consumo do período D e demanda diária de consumo d , foi analisado o histórico de consumo do item M.FC.00007 durante o ano de 2022 que é apresentado pela Figura 6 onde no eixo x são apresentados os meses e no eixo y são apresentadas as quantidades consumidas.

FIGURA 6 - Análise de consumo do M.FC.0007 no ano de 2022.



Fonte: Empresa A.

Analisando a Figura 6 se pode observar que a demanda do item é sazonal, tendo uma maior concentração no segundo semestre. Considerando o período analisado a média de consumo mensal do item seria 286 peças, porém como no processo de usinagem ocorrem falhas, sejam durante o processo de transformação ou porque a MP vem com defeitos de qualidade que só são descobertos ao final da usinagem (problemas de porosidade no material). Neste trabalho será considerada uma demanda mensal de $D = 300$ unidades. Com isso, como a Empresa A. trabalha em média 22 dias por mês, a demanda diária do item será considerada $d = 14$ unidades.

3.4 Análise financeira da fabricação do lote em relação ao faturamento anual

Para o levantamento dos encargos financeiros sobre carregar estoque do lote I foi adotado neste trabalho uma taxa de encargos financeiros obtida pela produção total do item anualmente sobre a meta de faturamento para da linha de produção que consome o item M.FC.0007, que foi definida para o ano de 2023 em 56MI. Como o custo de fabricação do M.FC.0007 é aproximadamente R\$ 280,00 por peça, levando em consideração os custos de compra de MP e transformação e, o seu consumo mensal é de 300 unidades, ao longo de 12 meses, chega-se a:

$$I = \frac{12 \times 300 \times 280}{56.000.000} \quad I = 0,018. \quad (3.1)$$

3.5 Análise da taxa de entrega diária

Para o levantamento do parâmetro de taxa de entrega diária m foram analisados os tempos de processamento e de *setup* consumidos nos recursos Torno CNC e Centro de Usinagem. Nesta análise foi considerado um lote de 150 unidades, uma vez que, a Empresa A. atualmente realiza a produção do lote deste item com periodicidade $N = 2$. Os dados obtidos através do roteiro de fabricação do item são apresentados pela Tabela 2.

TABELA 2 - Tempos de processamento e setup consumidos nos recursos utilizados

Recurso	Setup (min)	Processamento(min/peça)
Torno CNC	60	5
Centro de Usinagem	60	2

Fonte: Empresa A.

Para que ocorra um processo de forma contínua quando a produção do lote for iniciada, é preciso analisar a razão dos tempos de processamento nos recursos, para evitar a ociosidade do Centro de Usinagem que é o recurso gargalo da Empresa A. Para esta análise, os valores dos tempos de processamento dos recursos foram definidos como P_1 para o Torno CNC e P_2 para o Centro de Usinagem. Também foi criada uma variável ω que assume o valor desta razão, apresentada a seguir:

$$\omega = \frac{P_2}{P_1} = \frac{2}{5} \quad \omega = 0,4. \quad (3.2)$$

Desta forma, para manter um fluxo contínuo evitando a ociosidade no recurso Centro

de Usinagem, é necessário que: (i) este recuso inicie seu *setup* 330 minutos após a conclusão do *setup* no recurso Torno CNC e (ii) seja iniciada a produção do lote no recurso Centro de Usinagem após a finalização da 74ª unidade no recurso Torno CNC.

A partir destes dados, é possível definir a taxa de entrega diária m do item. Para tal deve-se ainda considerar a capacidade disponível diária da área de Usinagem. Estes dois recursos funcionam em um turno que possui 528 minutos. Com isso, iniciado a fabricação do lote no início do turno, chega-se à análise apresentada pela Quadro 1:

QUADRO 1 - Análise da taxa de entrega diária.

Cálculo da taxa de entrega diária (m)				
Dia 1	Tempo disponível	=	528	min
Dia 1	Setup do Torno	-	60	min
Dia 1	Tempo de processamento de 74 peças no Torno CNC	-	370	min
Dia 1	Saldo Parcial	=	98	min
Dia 1	A partir desse tempo, conta-se o tempo de processamento do Centro de Usinagem.	/	2	min/peça
Dia 1	Saldo final do primeiro dia de fabricação do lote		49	peças
Dia 2	A partir deste dia, como o Centro de Usinagem já está preparado, somente conta-se o seu tempo de processamento (2 min/peça)		274	peças
	Como a ordem de fabricação do lote pode chegar nestes centros de recursos a qualquer momento do dia, foi adotado a média entre estes dois dias para a definição da taxa de entrega diária			
	Taxa de entrega diária (m)	=	130	peças

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.6 Cálculo do lote econômico de fabricação

Após o levantamento de todos os dados necessários para a realização do cálculo do lote econômico de fabricação, para a obtenção do seu valor e da periodicidade com que este lote deva ser fabricado mensalmente, basta aplicar os valores levantado nas Eqs. (2.10) e (2.11), conforme apresentado a seguir:

$$\begin{aligned}
 \text{Dados: } D &= 300 \text{ peças/mês} & A &= \text{R\$ } 293,15 \\
 C &= \text{R\$ } 280,00 & d &= 14 \text{ peças/dia} \\
 I &= 0,018 & m &= 130 \text{ peças/dia}
 \end{aligned}$$

Cálculo do Lote Econômico

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot A}{C \cdot I \cdot \left(1 - \frac{d}{m}\right)}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 300 \cdot 293,15}{280 \cdot 0,018 \cdot \left(1 - \frac{14}{130}\right)}}$$

$$Q^* \simeq 198 \text{ peças}$$

Cálculo da Periodicidade Econômica

$$N^* = \sqrt{\frac{D \cdot C \cdot I \cdot \left(1 - \frac{d}{m}\right)}{2 \cdot A}}$$

$$N^* = \sqrt{\frac{300 \cdot 280 \cdot 0,018 \cdot \left(1 - \frac{14}{130}\right)}{2 \cdot 293,15}}$$

$$N^* \simeq 2 \text{ lotes por mês}$$

Após estas definições é interessante acompanhar o perfil de comportamento do estoque deste item com o sistema em funcionamento. Para isso, é fundamental a definição de mais dois parâmetros do MRP: (i) o ponto de pedido *PP* que consiste em um gatilho que ativa a produção da ordem de fabricação do lote econômico quando o saldo de estoque deste item atinge uma determinada quantidade e (ii) estoque de segurança Q_s que consiste em uma quantidade de estoque destinada para absorver variações do processo produtivo, em decorrências de falhas ao longo dos elos da cadeia de suprimento. O cálculo destes dois parâmetros é apresentado a seguir:

Estoque de Segurança

$$Q_s = Z \cdot \sigma = Z \cdot (1,25 \cdot MAD)$$

$$Q_s = 2,32 \cdot (1,25 \cdot 19,31)$$

$$Q_s \simeq 56 \text{ peças}$$

Ponto de Pedido

$$PP = d \cdot t + Q_s$$

$$PP = 14 \cdot 2 + 56$$

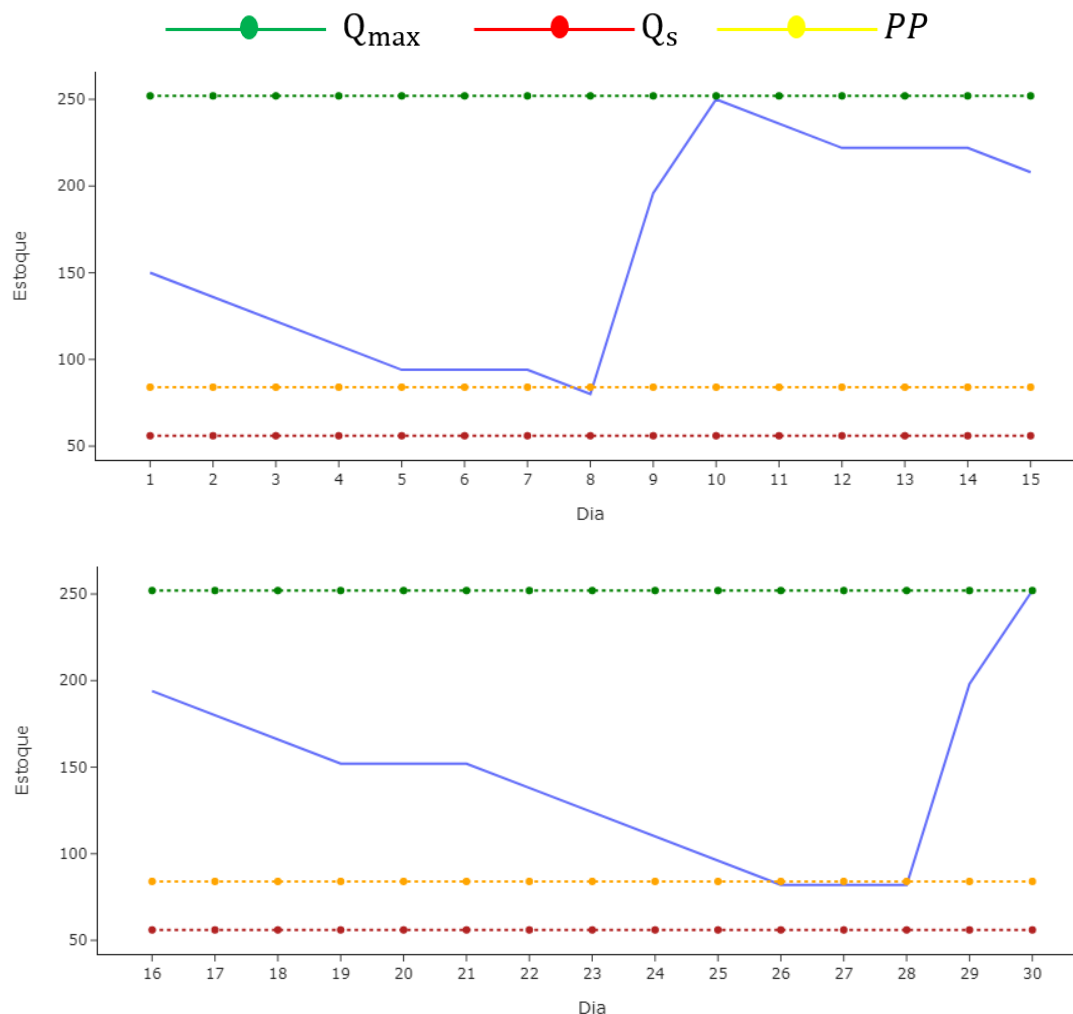
$$PP \simeq 84 \text{ peças}$$

Onde Z representa o número de desvios padrões, σ é o desvio padrão, MAD é o desvio padrão médio e t são os dias necessários para a fabricação do lote econômico. Para maiores detalhes sobre os cálculos de ambos, sugere-se consultar: Tubino (2009) e Fernandes e Godinho (2016).

O resultado da simulação do emprego do lote econômico proposto é apresentado pela Figura 7, onde nos eixos x das subfiguras são apresentados os dias do horizonte de planejamento e nos eixos y a quantidade de itens em estoque do item. Para a simulação foi imposto um valor de estoque máximo (Q_{max}) igual a 252 peças devido as limitações físicas para armazenagem. Analisando a Figura 7 se pode observar que: (i) a periodicidade calculada foi atingida iniciando nos dias 8 e 28, respectivamente, (ii) quando a produção do lote é iniciada, no primeiro dia são

produzidas 130 unidades e no segundo 68 unidades nas duas ocorrências observadas e (iii) do dia 26 ao dia 28 a quantidade de estoque permaneceu inferior a PP pois os dias 26 e 27 são dia de finais de semana, portanto não há turno de trabalho tanto na produção, quanto nos clientes (áreas de montagem que consomem o MFC0007).

FIGURA 7 - Perfil de comportamento do saldo do item MFC0007 com o sistema em funcionamento



Fonte: Elaborada pelo autor.

4. Conclusões

O presente trabalho buscou definir um lote econômico de produção para um item que disputa a capacidade disponível em um recurso gargalo. Este estudo foi realizado em uma empresa de máquinas agrícolas localizada na região de São Carlos/SP, com os seguintes objetivos: (i) reduzir custos, (ii) reduzir o consumo de área de armazenagem e (iii) reduzir

utilização desnecessária de capacidade no recurso gargalo Centro de Usinagem.

Para avaliar a contribuição econômica que a implementação da quantidade do lote sugerido trará para a organização será discutido o procedimento realizado atualmente. Atualmente, a Empresa A. produz um lote de fabricação do item M.FC.0007 de 300 peças a cada quinze dias. Esse lote supera o tamanho do lote econômico calculado em 102 unidades utilizando uma força de trabalho desnecessária e gerando maior custo de fabricação do lote. Com a implementação do lote econômico calculado haverá uma redução dos custos mensais na ordem de R\$ 28.560,00 que equivale 66% do custo de fabricação do lote. Vale a pena lembrar que, como os parâmetros que envolviam unidades financeiras foram multiplicados por um valor para manter o sigilo dos dados da empresa estudada. Com isso, este valor representa uma ordem de grandeza.

Além da redução de custos, haverá: (i) uma redução significativa nos custos de armazenagem do item, uma vez que, o lote ocupará menor área física e (ii) disponibilização de carga disponível no recurso gargalo (Centro de Usinagem) para o atendimento de outras demandas.

REFERÊNCIAS

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M. **Planejamento e Controle da Produção: dos fundamentos ao essencial**. São Paulo: Atlas, 2016. ISBN 978-85-224-5871-4.

QUEIROZ, I. A. **Proposição de Metodologia de Cálculo de Lote Econômico de Fabricação em uma Industrial de Refrigerantes**. TCC, Universidade de Brasília, 2016.
ROMI. Indústrias ROMI. Disponível em: <http://www.romi.com.br>. – Acesso em 06/01/2023 às 15:00 hs.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JHONSON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2009. ISBN 978-85-224-5353-5.

SURI, R. **It's About Time: The Competitive Advantage of Quick Response Manufacturing**. New York: Productivity Press, 2010. ISBN 978-1439805954.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção Teoria e Prática**. São Paulo: Atlas, 2009. ISBN 978-85-224-5694-9.