

GESTÃO DA PRODUÇÃO E O ESTUDO DE FILAS EM UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA

Elisandro Macedo; Gustavo Kroth¹
Mara Lucia Grando; Gustavo Henrique Marques Menezes; Stefan Antônio Bueno²

RESUMO

O estudo da teoria das filas é um dos métodos que através de suas técnicas matemáticas, pode gerar grandes resultados dentro das organizações, quando aplicado na administração e controle de processos fabris em que exista fenômenos de espera, e estes, se transformam em problemas críticos para o seu fluxo dentro da cadeia produtiva. Através destes modelos matemáticos, é possível encontrar um ponto máximo, tanto em relação a um número de recursos disponíveis para uma determinada operação, como em questões de tempo que o produto fica em espera, e o tempo de conclusão da operação. O presente trabalho traz a avaliação de um recurso produtivo, que apresenta um gargalo operacional em uma indústria moveleira, localizada no oeste do Estado de Santa Catarina, no qual, pode-se observar a necessidade de uma melhoria na eficiência do sistema. A partir do levantamento de dados, foi possível verificar qual o modelo de fila mais adequado para o desenvolvimento da análise.

Palavras-chave: Teoria das filas. Indústria Moveleira. PCP.

1 INTRODUÇÃO

Frente a um mercado cada vez mais exigente no sentido de fabricar produtos com alta qualidade, no mínimo de tempo e com menor custo possível, é necessário um sistema de planejamento da produção cada vez mais eficiente. A procura incessante por melhores métodos de trabalho e processos de produção, com o objetivo de se obter melhoria da produtividade com o menor custo possível é o tema central em todas as organizações, mudando-se apenas as técnicas empregadas (MARTINS E LAUGENI, 1999).

Segundo Vollman, et al. (2006), as exigências competitivas do mercado aumentaram ao longo da última década e a pressão por estoques menores, respostas mais rápidas e custos de transformação mais baixos é contínua. Este aumento da necessidade de produção de bens e serviços com alta qualidade de forma otimizada e com menor custo vem gerando transformações ao longo do tempo nas formas de produzir e, conseqüentemente, no seu gerenciamento.

¹ Acadêmicos do curso da Engenharia de Produção da UCEFF. E-mail: elisandromacedo@gmail.com; gustavo-kroth@hotmail.com.

² Docente do curso da Engenharia de Produção da UCEFF. E-mail: maralucia35@gmail.com. egustavoeng@hotmail.com; buenostefan@gmail.com.

Neste contexto, a Gestão da Produção pode ser conceituada como uma atividade de gerenciamento de recursos escassos e processos que produzem e entregam bens e serviços, atendendo as necessidades e desejos de qualidade, tempo e custo de seus clientes.

A administração da produção trata da maneira pela qual as organizações produzem bens e serviços. É a atividade de gerenciar recursos destinados à produção e disponibilização de bens e serviços (SLACK et al. 2002).

Corrêa (2003) afirmou que para produzir com o máximo de eficiência, toda empresa precisa planejar sua produção, pois a eficiência representa a utilização racional e intensiva dos recursos produtivos.

A eficiência nos processos internos e fluxos de atividades de uma organização se tornam vantagens competitivas num mercado volátil quando trazem para os clientes a satisfação no produto consumido ou no serviço adquirido, a baixos custos ou custos inferiores ao do concorrente (SLACK et al., 2009).

A competitividade e a busca contínua pela eficiência levam a necessidade de criar ou adaptar sistemas já existentes que melhorem o desempenho do sistema produtivo, evitando gargalos e desperdícios no decorrer do processo.

2 TEORIA DAS FILAS

A Teoria das Filas foi elaborada em 1909 pelo engenheiro, matemático e estatístico dinamarquês Agner Krarkup Erlang, com o objetivo de criar modelos matemáticos capazes de gerar um prognóstico sobre o comportamento de sistemas, que geram atendimento às demandas de determinado processo em ritmo contínuo e aleatório (PRADO; DARCI, 2009).

A teoria das filas, racionaliza matematicamente a formação das filas e o comportamento de um sistema, cuja demanda pode crescer gradativa ou aleatoriamente. A aplicação deste modelo, consiste na coleta e análise de dados referentes ao sistema, testando hipóteses sobre seu comportamento. Assim, a Teoria das Filas se tornou uma das principais técnicas de Pesquisa Operacional para abordagem de problemas de congestionamentos nos sistemas.

O principal objetivo desta forma de planejamento, é minimizar os custos pela otimização do sistema envolvido, por meio da avaliação dos resultados gerados por meio de fórmulas matemáticas, ajustadas ao padrão específico de cada processo. Esses podem ter sua origem de forma manual para substituir os dados de entrada nas fórmulas, ou por programas de computador, visto que há inúmeros *softwares* para reproduzir sistemas de filas, possibilitando análises individuais em diversas situações.

A aferição do comportamento de um sistema de filas, está associado a medidas de desempenho, como tempo médio de espera no sistema e a probabilidade de encontrar o sistema lotado, caso a configuração deste sistema seja capacidade finita (HILLER, 2013). Uma particularidade relevante para avaliação de um comportamento de filas, é o tipo de distribuição de probabilidade que conduzem as atividades do processo. Para os casos que não aceitam as fórmulas fechadas para as medidas de desempenho, pode-se fazer uso da simulação, com o objetivo de aproximar as medidas de desempenho de maneira experimental. Normalmente, toda melhoria de desempenho em um sistema, tem como consequência elevação dos seus custos, portanto, se necessário uma analogia entre a melhoria de desempenho e os custos associados ao sistema.

2.1 TIPOS DE FILAS

Há formação de fila sempre que a procura por um serviço específico, se torna maior do que a capacidade do sistema oferecer este serviço. De forma geral, pode-se definir um sistema de filas como “chegada de clientes”, “a espera de clientes pelo serviço” e “clientes deixando o sistema após terem sido atendidos”; sendo que, nesta teoria, conceitua-se “cliente”, como um termo genérico, permitindo ser aplicado tanto para seres humanos, como pode abranger processos, pacotes, peças ou qualquer sujeito em um processo que aguarda com alguma finalidade (SLACK *et al.* 2009).

De acordo com Slack et al. (2009 p. 338), em determinadas operações que por sua complexidade não podem estocar seus produtos, como a maior parte das operações de serviço, o planejamento e o controle da capacidade é mais bem abordado considerando a Teoria das Filas ou de espera.

Presente em várias áreas, como já dito anteriormente, a teoria das filas pode ser aplicada para diversos segmentos, como por exemplo, no fluxo de tráfego de aviões, carros, pessoas, comunicações, como forma de escalonamento de pacientes em hospitais, balcões de telefonista, programas em computadores e para prestação de serviços em bancos, correios, lojas, restaurantes etc.

2.2 DISCIPLINA DA FILA

Na visão de Hillier (2013), a disciplina de fila se refere à ordem na qual integrantes da fila são selecionados para atendimento. Ela poderia ser, por exemplo, os primeiros a chegar

serão os primeiros a ser atendidos, aleatória, de acordo com algum procedimento de prioridade ou algum outro tipo de ordem.

De acordo com Prado, Darci (2009), as filas estão classificadas conforme a disciplina que obedece, ou seja, refere-se a forma como os clientes são escolhidos para entrar no serviço logo que uma fila é formada, sendo esta a ordem em que os clientes em fila são selecionados para atendimento. Segundo o autor, estas disciplinas podem ser: FIFO, FCFS, LIFO, LCFS ou filas com prioridades, conforme descrito:

- ✓ FCFS (First Come, FirstServed): Primeiro a Chegar, Primeiro a ser atendido. Disciplina mais comum observada no cotidiano
- ✓ FIFO (First In, First Out): Primeiro a Entrar, Primeiro a Sair.
- ✓ LCFS (Last Come, FirstServed): Último a chegar, Primeiro a ser atendido.
- ✓ LIFO (Last In, First Out): Último a Chegar, Primeiro a Sair. Aplicável em sistemas em que o item mais recente é mais fácil de ser recuperado, como em sistemas de controle de estoque.
- ✓ Fila com prioridade: a cada cliente é atribuída uma prioridade e clientes com maior prioridade têm preferência no atendimento. Este tipo de fila é classificado em dois subtipos: Preemptivo e Não Preemptivo.
 - Preemptivo: o cliente com maior prioridade é atendido imediatamente, interrompendo o atendimento ao cliente com menor prioridade. Ao terminar, o cliente de menor prioridade volta a ser atendido, podendo continuar o processo de onde parou ou então reiniciá-lo.
 - Não-preemptivo: o cliente com maior prioridade é colocado no início da fila, recebendo o serviço somente quando o cliente em atendimento sai do sistema, mesmo se este for de prioridade mais baixa. Este subtipo é observado com maior frequência.
- ✓ Round-robin (algoritmo): cada cliente recebe uma fatia de tempo do servidor (quantum), dentro da qual é atendido. Após o término do quantum, se a atividade não foi completada, o cliente é retirado e outro passa a ser atendido. Posteriormente, o cliente que foi interrompido retorna ao servidor e continua a sua atividade. É muito comum em escalonamento de processos da CPU.

2.3 MODELOS DE FILA

Para Hillier (2013), a maioria dos modelos de filas elementares, supõe que as chegadas (clientes chegando) e saídas (clientes saindo) do sistema de fila, ocorrem de acordo com o

sistema de vida e morte. Este processo mostra que vidas e mortes individuais ocorrem aleatoriamente, onde suas taxas médias de ocorrência dependem somente do estado atual do sistema.

2.3.1 Modelo M/M/1

De acordo com Hillier (2013), o modelo M/M/1 caracteriza-se como um sistema constituído por uma única fila sendo atendida por um servidor, sem limite na capacidade do sistema e uma disciplina do tipo FIFO; onde o número de usuários de chegam na fila por minuto é descrito por uma distribuição de Poisson de parâmetro λ , e o tempo de atendimento exponencialmente distribuído, com parâmetro μ . Os valores de λ e μ são a taxa média de chegada de usuários por unidade de tempo e a taxa média de atendimento por unidade de tempo, respectivamente.

A taxa de utilização do sistema é calculada da seguinte forma:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

A taxa de utilização menor que um, indica que o sistema opera com estabilidade, o que permite o estudo analítico do sistema de filas (ANDRADE, 2002). Para o estudo analítico desse sistema, parâmetros de operacionais que são calculados através das seguintes equações descritas abaixo:

- a) Número esperado sistema:

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

- b) Número esperado na fila:

$$Lq = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

- c) Tempo previsto de espera (inclui o tempo de serviço):

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

- d) Tempo previsto na fila

$$Wq = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

- e) Probabilidade de que o sistema esteja vazio:

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{s\mu}$$

2.3.2 Modelo M/M/s

Para Prado (1999), em sistemas de filas com mais de um servidor, as chegadas e os tempos de atendimento se processam assim como no sistema M/M/1, segundo a distribuição de Poisson e Exponencial Negativa, respectivamente; o atendimento é feito por ordem de chegada; a taxa de utilização do sistema é calculada pela fórmula:

$$\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$$

Onde s é o número de servidores. As equações para o cálculo dos parâmetros operacionais seguem abaixo:

- a) Probabilidades de o sistema estar vazio:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{j=0}^{s-1} \frac{\rho^j}{j!} + \frac{\rho^s}{(s-1)!(s-\rho)}}$$

- b) Probabilidade de que todos os canais estejam ocupados:

$$P_{ocup} = \frac{\rho^s}{(s-1)!(s-\rho)} P_0$$

- c) Número esperado na fila:

$$L_q = \frac{P_0 (\lambda / \mu)^s \rho}{s!(1-\rho)^2}$$

- d) Número esperado no sistema:

$$L = L_q + \rho$$

- e) Tempo Previsto na fila:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

f) Tempo previsto de espera (inclui o tempo de serviço):

$$W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do estudo de caso seguiu o modelo de Andrade (2002).

a) Escolha do local de estudo: O local escolhido para o estudo foi uma empresa do setor moveleiro que está situada no oeste catarinense, na cidade de Saudades. Para a escolha da empresa, um dos fatores decisivos foi o fácil acesso aos dados sobre a produção e o fato de que o estudo realizado poderá ser aplicado na planta de produção.

b) Levantamento de dados: O levantamento de dados foi feito a partir de dados fornecidos pela empresa, extraídos do sistema de controle de PCP.

c) Caracterização do sistema de filas: De acordo com Hillier (2013), o modelo M/M/1 caracteriza-se como um sistema constituído por uma única fila sendo atendida por um servidor, sem limite na capacidade do sistema e uma disciplina do tipo FIFO; onde o número de usuários de chegam na fila por minuto é descrito por uma distribuição de Poisson de parâmetro λ , e o tempo de atendimento exponencialmente distribuído, com parâmetro μ .

d) Análise do desempenho atual: De acordo com o modelo específico, é possível calcular os parâmetros para análise do atual sistema. Os cálculos de todo estudo serão feitos mediante utilização do software Microsoft Excel.

e) Análise de desempenho sugerida: após análise do desempenho atual, serão avaliados os métodos de melhoria no fluxo dos componentes no processo em estudo.

4 ESTUDO

Para a realização do estudo a empresa escolhida atua no setor moveleiro e fica no oeste de Santa Catarina, onde em seu processo, os gestores identificam um desbalanceamento entre dois setores, que são os setores de corte e furação.

Esse desbalanceamento na linha de produção interfere diretamente nos custos de produção, pois gera ociosidade no setor de furação que, além de interferir no fluxo dos produtos em processo, gera um desperdício de recursos como mão de obra e energia elétrica.

Para este estudo o objetivo é aumentar a fila de peças aguardando para serem produzidas, para reduzir a ociosidade do setor de furação.

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Os dados foram disponibilizados pela empresa retirados do sistema de apontamento por lotes, e compreendem a aproximadamente 10 dias de trabalho em um regime de 8,48 horas por dia. Para obter os dados sobre a chegada das peças, foram acessados os dados dos lotes, mais no setor de corte, que é o setor que entrega as peças na furação. Os dados foram organizados na Tabela 1.

Tabela 1- Dados coletados

Descrição do lote	Total de peças	Tempo (horas)
Est. Paneleiro ref.: 900	330	3,8
Est. Torre ref.: 402	330	5,8
Portas cozinha Ref.: 1140	320	0,5
Est. Cozinha Ref.: 1022	1200	16,3
Est. Cozinha Ref.: 1011	1240	18,4
Est. Cozinha Ref.: 2080/2090/1150	2460	23,4
Est. Aéreo Ref.: 423	135	2,15
Est. Balcão Ref.: 950	150	1,8
Est. Balcão Ref.: 288	280	1,9
Est. Balcão Ref.: 394	420	5,08
Est. Balcão Ref.: 779	540	4,8
Est. Balcão Ref.: 890	1360	10,2
TOTAL	8765	94,13

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Os dados referentes ao atendimento de peças no setor de Furação e o tempo de atendimento por peça no mesmo setor. Para se obter um tempo sem ficar esperando por peças vindas do setor de corte, o setor de furação ficou meio-dia parado sem nenhuma produção, auxiliando em outras atividades de limpeza e organização. Na Tabela 2, está demonstrado o cenário atual indústria moveleira.

Tabela 2 - Cenário atual

Descrição do lote	Total de peças	Tempo (horas)
Est. Paineleiro ref.: 900	330	2,75
Est. Torre ref.: 402	330	4,05
Portas cozinha Ref.: 1140	320	0,15
Est. Cozinha Ref.: 1022	1200	13,75
Est. Cozinha Ref.: 1011	1240	16,05
Est. Cozinha Ref.: 2080/2090/1150	2460	20,75
Est. Aéreo Ref.: 423	135	0,75
Est. Balcão Ref.: 950	150	1,05
Est. Balcão Ref.: 288	280	0,95
Est. Balcão Ref.: 394	420	4,75
Est. Balcão Ref.: 779	540	3,9
Est. Balcão Ref.: 890	1360	9,05
TOTAL	8765	77,95

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE FILAS

O setor de Furação recebe as peças que chegam do setor de Corte, caracterizando uma fila do tipo FIFO (Primeiro que entra é o primeiro que sai). Este departamento conta com uma máquina que realiza a furação necessária para a montagem do móvel. Este sistema de fila caracteriza-se como modelo M/M/1.

4.3 ANÁLISE DO DESEMPENHO ATUAL

Através dos dados obtidos pode-se calcular a taxa de chegada (8765 peças/94,13 horas) que é igual a 93,12 peças por hora, e também a taxa de atendimento (8765 peças/77,95 horas) que é igual a 112,44 peças por hora. Com os dados tabulados, pode-se aplicar as fórmulas do modelo M/M/1, podemos calcular os seguintes parâmetros para análise das filas, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Dados desempenho atual

Parâmetro	Valor	Unidade
λ	93,12	Peças/hora
μ	112,44	Peças/hora
Taxa de utilização	82,81	% (por cento)
Quantidade de peças na fila	3,99	Peças
Tempo na fila	2,57	Minutos
Quantidade de peças no sistema	4,82	Peças
Tempo no sistema	3,10	Minutos

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Realizando uma comparação com os dados coletados, constatou-se que a taxa de utilização da máquina é de 82,81%. Para que se mantenha um fluxo de produção contínuo, com um estoque mínimo de peças no setor, esse número deve ser próximo a 95%.

É possível observar também que as peças aguardam 2,57 segundos para serem atendidas, enquanto o seu tempo de atendimento é de 0,53 segundos em média.

4.4 ANÁLISE DO DESEMPENHO SUGERIDO

Para obter um bom fluxo de produção, sem gerar gargalos ou desperdício de tempo, algumas medidas devem ser tomadas a fim de aumentar a taxa de atendimento no setor de corte, para que possa alimentar mais rapidamente o setor subsequente. Para isso é necessário analisar juntamente com os gestores da fábrica a possibilidade de implantar um alimentador automático de chapas, que deve diminuir o tempo de atendimento das peças no setor do corte, e assim analisar que é possível chegar a uma taxa de atendimento de 108,28 peças por hora.

Com esse número em foco, aplica-se novamente as fórmulas do modelo M/M/1 e se obtêm os seguintes valores, conforme a Tabela 4.

Tabela 4: Dados desempenho sugerido

Parâmetro	Valor	Unidade
Λ	108,28	Peças/min
μ	112,44	Peças/min
Taxa de utilização	96,30	% (por cento)
Quantidade de peças na fila	251,47	Peças
Tempo na fila	2,32	Horas
Quantidade de peças no sistema	252,43	Peças
Tempo no sistema	2,33	Horas

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Comparando os dados calculados anteriormente, constatou-se que houve um ganho na taxa de utilização da máquina de 82,81% para 96,30%. Esse aumento é significativo e aponta que as máquinas vão trabalhar em um ritmo bem próximo do máximo possível.

É possível observar também que o tempo que as peças aguardam para serem processadas subiu de 2,57 minutos para 2,32 horas. Esse dado indica que haverá um estoque maior entre os setores, que é o que se precisa para não ter ociosidade no setor de furação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da teoria das filas apesar de ser breve para o caso estudado, apresenta dados que são importantes e que ajudam na tomada de decisões sobre investimentos dentro de uma indústria. Como constatado acima, com um pequeno investimento em equipamentos ou implementos podemos aumentar a produtividade de um setor que é ocioso na fábrica.

Com a aquisição do alimentador automático, podemos ter um enorme ganho na produtividade do setor de corte, contribuindo para a melhoria do fluxo do processo, reduzindo a ociosidade no setor de furação. A taxa de utilização de 96,30% da sugestão de melhoria, apesar de parecer alta na realidade é bem possível de ser seguida, pois a capacidade calculada do setor já considera o tempo de ociosidade que é normal para processos nas indústrias, que é o tempo que o operador tem de ociosidade para beber água ir ao banheiro e outras tarefas como limpeza e organização do setor.

Com este aumento de produtividade no setor de corte, observou-se uma fila maior de peças a serem processadas no setor de furação; com esta fila mais longa de peças a serem atendidas, é possível garantir que o setor não vai mais precisar parar e ficar ocioso esperando a chegada de novas peças. Esta prática é muito comum em empresas do ramo, pois como o setor de corte sempre sofre paradas para afiação de serras e por movimentação de chapas, é necessário que se trabalhe com um pequeno estoque de peças a serem processadas, esse estoque é conhecido no ramo como “pulmão”.

Em suma observa-se que o estudo da teoria das filas se aplica também a processos industriais e não somente em filas de pessoas como de costume, e também que em certos casos precisa-se aumentar o tamanho das filas, que é o oposto do que normalmente acontece. Também foi constatado que esse estudo retorna dados que são de enorme valor para a tomada de decisões dentro de uma indústria.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à Pesquisa Operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 3ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de pessoas; o novo papel dos recursos humanos nas organizações** -3. Ed.-Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- CORREA, Henrique L. **Teoria Geral da Administração– abordagem histórica da gestão de produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2003.

HILLER, Frederick S. **Introdução à pesquisa Operacional**. 9ª ed. São Paulo, McGraw Hill 2013.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 1999.

PRADO, DARCI, **Teoria das filas e da Simulação**. 5ª ed. São Paulo, INDG, 2009.

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

SLACK, NIGEL; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

SLACK, N.CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

VOLLMAN, E.T. et al. **Sistemas de Planejamento & Controle da Produção para o gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.