

Aplicação da Teoria de Filas para modelagem e análise de desempenho no setor de Recursos Humanos de uma indústria alimentícia

Marcelo Otavio Milani (FHO-Uniararas) m.o.milani@hotmail.com
Fernando César Mendonça (FHO-Uniararas) Fernando.mendonca@uniararas.br

Resumo:

A Teoria de Filas é uma das metodologias da Pesquisa Operacional que têm como propósito estudar as formações de filas em um determinado sistema e analisar sua eficiência, através de conceitos básicos de processos estocásticos e matemática aplicada. Com isso, o estudo realizado neste trabalho irá apresentar a aplicação da Teoria de Filas no setor de Recursos Humanos de uma indústria alimentícia, localizada no interior do estado de São Paulo, com o objetivo de encontrar um modelo matemático baseado nessa teoria que represente o funcionamento do setor e também avalie o desempenho atual do mesmo. Para que fosse possível concretizar o estudo, foi realizado todo levantamento teórico sobre o tema, demonstrando todos os conceitos e técnicas utilizadas no trabalho. Em seguida, apresenta-se a metodologia utilizada com o objetivo de compreender todos as considerações e caminhos necessários para a realização do estudo. Por último, foi realizado o estudo de caso que resultou na descoberta de um modelo matemático que representa o setor de Recursos Humanos e sua situação atual de desempenho, fatores cruciais em decisões para melhorias futuras.

Palavras chave: Teoria de Filas, Recursos Humanos, Pesquisa Operacional.

Application of Queuing Theory for modeling and performance analysis at the Human Resources department of a food industry

Abstract

The Queuing Theory is one of the methodologies of Operational Research whose purpose is to study the queue formation in a given system and analyze its efficiency, through basic concepts of stochastic processes and applied mathematics. Thus, the study performed in this article will show the Queuing Theory application at the Human Resources department of a food industry, located within the State of São Paulo, in order to find a mathematical model based on this theory which represents the functioning of the department and also evaluates its current performance. In order to be possible to implement the study, it was performed all the theoretical survey on the subject, by demonstrating all concepts and techniques used on it. Then, it shows the methodology used in order to understand all required considerations and ways for conducting the study. Finally, it was performed the case study which resulted in the discovery of a mathematical model that represents the Human Resources department and their current situation of performance, crucial factors in decisions for further improvements.

Key-words: Queuing Theory, Human Resources, Operational Research.

1. Introdução

O setor de Recursos Humanos que hoje existe em empresas de todos os seguimentos, surgiu em decorrência da criação da Teoria das Relações Humanas, que por sua vez surgiu nos Estados Unidos elaborada por Elton Mayo e seus colaboradores como consequência dos resultados obtidos com a realização da Experiência de Hawthorne. O surgimento dessa teoria na época foi um movimento de oposição e reação à Teoria Clássica da Administração (CHIAVENATO, 2003).

Com base na concepção da Teoria das Relações Humanas, o trabalhador passou a ter importância dentro das organizações e começou a ser considerado uma variável para tomadas de decisões das mesmas e isso fez com que houvesse necessidade de um departamento específico que fosse responsável por todo o gerenciamento e planejamento de pessoas dentro dessas organizações. Algumas das atividades à cargo do Recursos Humanos segundo Bateman e Snell (2007) são Recrutamento e Seleção, Remuneração, Treinamento e Desenvolvimento, Relação Trabalhista e Avaliação. Estas atividades têm como intuito garantir direitos e deveres dos colaboradores dentro de uma organização, assim como, promover desenvolvimento e crescimento dos mesmos.

Sabendo então da importância que o setor de Recursos Humanos têm dentro de uma organização, se faz necessário que o mesmo realize suas atividades de maneira mais eficiente buscando contribuir para melhorias que afetem a organização como um todo. É neste contexto que se encaixa a Pesquisa Operacional, mais precisamente a Teoria de Filas que será aplicada com o intuito de compreender de maneira mais aprofundada o sistema de estudo em questão.

Com base nas informações acima, o presente artigo têm como objetivo criar um modelo matemático baseado em Teoria de Filas que represente o processo de atendimento no setor de Recursos Humanos de uma indústria alimentícia e realizar análises de desempenho do setor para futuras melhorias.

2. Revisão de literatura

2.1 Pesquisa Operacional

Primeiramente se faz necessário definir alguns conceitos que são de extrema importância para a realização deste trabalho, dentre eles o de Pesquisa Operacional. A Pesquisa Operacional tem seu início efetivo atrelado as atividades militares realizadas nos primeiros instantes da Segunda Guerra Mundial, devido a uma necessidade de se alocar de maneira eficiente os recursos escassos dentro das operações militares e também das atividades internas das operações (HILLIER & LIEBERMAN, 2006).

Pesquisa Operacional por definição segundo o periódico inglês Operational Research Quarterly (1967) citado por Arenales et al. (2007) “consiste no desenvolvimento de métodos científicos de sistemas complexos, com a finalidade de prever e comparar estratégias ou decisões alternativas”. Por esse motivo é que ela vem sendo aplicada em problemas que procuram a maneira mais adequada de se conduzir e coordenar operações específicas dentro de organizações e diversas áreas, tais como indústria, transportes, finanças, telecomunicações, saúde, serviços públicos, operações militares etc (MOREIRA, 2015).

E para essas aplicações resultarem em conclusões satisfatórias Shamblin e Stevens (1979) descrevem que os passos a serem seguidos ou as características básicas de um estudo em Pesquisa Operacional são as seguintes:

- Formulação do problema;

- Construção de um modelo que represente o sistema em estudo;
- Obtenção de solução a partir de um modelo;
- Teste do modelo e da solução dele originada;
- Estabelecimento do controle sobre a solução;
- Colocação da solução em funcionamento, ou seja, implantação.

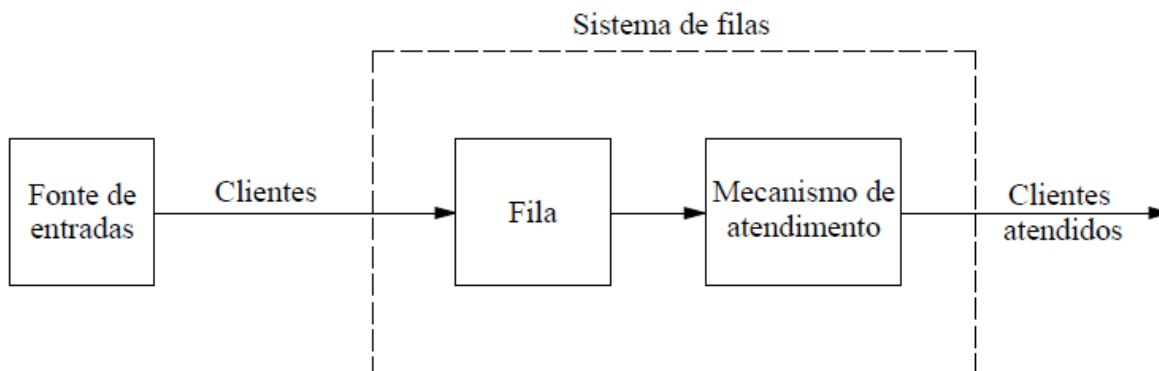
2.2 Teoria de Filas

A Teoria de Filas, também chamada de Teoria de Congestão, teve seu início motivada por aplicações em sistemas telefônicos e é o ramo da Pesquisa Operacional que têm como objetivo estudar as relações existentes entre as demandas em um sistema e os atrasos sofridos pelos usuários desse sistema, através de fórmulas matemáticas (ARENALES et al., 2007).

É importante ressaltar que nem sempre os modelos de filas conseguem representar as situações reais com precisão exata. Em muitos casos as premissas necessárias para encontrar o melhor modelo matemático que represente um determinado sistema envolve simplificações substanciais (NOVAES, 1975).

Entretanto, os modelos de filas são muito úteis para determinar como um sistema deve operar de maneira mais eficiente dentro de suas possibilidades. Pois fornecer capacidade de atendimento em excesso resulta em custos demasiados. Por outro lado, não fornecer capacidade de atendimento suficiente gera espera excessiva e todas consequências não benéficas a um sistema (HILLIER & LIEBERMAN, 2006).

De maneira objetiva é possível compreender o comportamento de um sistema básico de fila através da Figura 1:



Fonte: Hillier & Lieberman (2006)

Figura 1 – Um sistema básico de fila

No processo básico suposto pela maioria dos modelos de filas, temos a seguinte situação: *Clientes* que precisam de atendimento chegam ao longo do tempo por uma *fonte de entradas*. Em seguida entram no *sistema de filas* e pegam uma *fila*. Em um determinado momento, um membro da fila é selecionado para o atendimento feito pelo *mecanismo de atendimento*. Após o atendimento o cliente deixa o sistema de filas. O membro selecionado é escolhido por meio de uma regra conhecida como *disciplina da fila* (HILLIER & LIEBERMAN, 2006).

Porém, para realizar um estudo mais preciso e encontrar o modelo matemático que represente adequadamente uma situação real, faz-se necessário saber como é o tipo de sistema de filas. Conforme Arenales et al. (2007), os sistemas de filas se classificam da seguinte maneira:

- Fila única e um servidor;
- Fila única e múltiplos servidores em paralelo;
- Múltiplas filas e múltiplos servidores em paralelo;
- Fila única e múltiplos servidores em série.

Kendall em 1953 e Lee em 1968, devido a essas variações de sistemas de filas que resultam em diversos modelos de filas, criaram uma simbologia padrão para representar de maneira simplificada a análise desses sistemas. As três primeiras letras relacionadas ao processo de chegada, ao tempo de atendimento e ao número de servidores, respectivamente, foram criadas inicialmente por Kendall e logo após alguns anos Lee criou as últimas três letras que estão relacionadas a disciplina da fila, número máximo de usuários no sistema e o tamanho da população, respectivamente (ARENALES et al., 2007).

De acordo com que Novaes (1975) afirma, é viável a adoção da simbologia de Kendall para atendimento individual. Esse modelo de fila pode ser representado pela simbologia do tipo X/Y/C, onde cada letra têm as seguintes definições:

- A letra X indica o tipo de distribuição de probabilidade do processo de chegada. Para processo do tipo Poisson coloca-se a letra M. Já para chegadas com intervalo qualquer, utiliza-se GI;
- A letra Y indica o tipo de distribuição de probabilidade que rege o processo de atendimento. A letra M representa distribuição exponencial, E_k representa distribuição de Erlang de ordem k, D indica tempo constante de serviço (caso determinístico) e G representa uma distribuição genérica;
- A letra C representa o número de servidores (posições de atendimento) em paralelo.

2.2.1 Modelo de Fila M/M/C

Para que um determinado sistema seja representado pelo modelo de fila M/M/C é necessário que o mesmo siga algumas premissas, que segundo Novaes (1975) são:

- As chegadas são regidas por um processo de Poisson, com razão média e igual a λ ;
- O tempo do processo de atendimento é regido por uma distribuição Exponencial de parâmetro μ ;
- Existem C posições de atendimento em paralelo e todas elas seguem características de operações iguais;
- Uma única fila é formada, entrando as unidades nos diversos servidores mediante disponibilidades dos mesmos;
- As unidades são atendidas na ordem de chegada (FIFO), não havendo desistências.

Sabendo-se que a Teoria das Filas se utiliza de equações matemáticas para fazer análises de um sistema de filas, Novaes (1975) define algumas equações para o modelo M/M/C, que estão na Tabela 1:

IDENTIFICAÇÃO	FÓRMULAS	DESCRIÇÃO
Equação 1	$\rho = \frac{\lambda}{c\mu}$	Taxa de utilização do sistema
Equação 2	$E[q] = \frac{\pi_0 \rho (\rho c)^c}{(1 - \rho)^2 c!}$	Expectância do número de elementos na fila
Equação 3	$E[n] = \frac{(\rho c)^{c+1}}{(c-1)! \sum_{j=0}^c \frac{(\rho c)^j}{j!} [(c-j)^2 - j]}$	Expectância do número de elementos no sistema
Equação 4	$E[Wq] = \frac{\pi_0 (\rho c)^c}{(1 - \rho)^2 c! c} \cdot \frac{1}{\mu}$	Expectância do tempo de espera no sistema
Equação 5	$E[T] = \frac{1}{\mu}$	Tempo de atendimento de uma distribuição Exponencial
Equação 6	$P_n = \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!}$	Função para distribuição de Poisson
Equação 7	$P_n = \frac{\lambda}{n} P_{n-1}$	Expressão de recorrência para distribuição de Poisson
Equação 8	$f(T) = \mu e^{-\mu T}$	Função para distribuição Exponencial
Equação 9	$F(T) = 1 - e^{-\mu T}$	Função de repartição da distribuição Exponencial
Equação 10	$F(Wq) = 1 - \frac{\pi_0 (\rho c)^c}{(1 - \rho) c!} \exp [-\mu c (1 - \rho) Wq]$	Função de repartição do tempo de espera
Equação 11	$\pi_0 = \frac{1}{\sum_{j=0}^{c-1} \frac{(C\rho)^j}{j!} + \frac{(C\rho)^c}{C! (1 - \rho)}}$	Expressão para variável da função de repartição do tempo de espera

Fonte: Autores (2016)

Tabela 1 - Equações para o modelo de filas M/M/C

Onde:

- $R_o(\rho)$ é a taxa de utilização do sistema;
- Λ é o ritmo de chegada;
- $M_i(\mu)$ é o ritmo de atendimento;
- C é a quantidade de servidores do sistema.

Ao analisarmos o modelo de fila M/M/C, é preciso analisar o resultado da taxa de utilização do sistema para comprovar se realmente o valor encontrado coincide com a realidade. Quando se faz a análise de um determinado processo de maneira geral, não se considera diversas restrições de utilização desse sistema que podem existir na prática e influenciar na taxa de utilização, e em situações como essa o valor real da taxa de utilização pode ser obtido diretamente por meio da análise dos tempos de espera reais observado no período de análise (NOVAES, 1975).

3. Metodologia

O presente trabalho foi realizado através de um estudo de caso no setor de Recursos Humanos de uma indústria alimentícia localizada na cidade de Araras, interior do estado de São Paulo. Estudo de caso de acordo com Yin (2003), é uma forma de pesquisa empírica, que têm como intuito investigar fenômenos contemporâneos. Esse método considera a situação real do sistema estudado, na maioria da vezes quando os mesmos não estão bem definidos.

Primeiramente, foram coletados os dados referente a chegada de colaboradores ao setor de Recursos Humanos, dados referentes ao tempo de atendimento para esses colaboradores e também o tempo de espera que os mesmos estavam sujeitos ao entrarem no setor estudado.

Após a finalização da fase de coleta de dados foi necessário a utilização do *software* Minitab 17 (versão estudante) para encontrar as distribuições de probabilidade que representassem a chegada dos colaboradores ao setor e o tempo de atendimento para os mesmos. Em seguida, com o *software* Microsoft Excel 2013 foi possível elaborar as tabelas de dados e os gráficos que compõe esse trabalho, assim como, realizar os cálculos das variáveis de desempenho do sistema de fila estudado.

4. Estudo de caso

O setor de Recursos Humanos da indústria alimentícia em questão é composto por 11 colaboradores, os estão distribuídos nas seguintes ocupações:

- Analista de Recursos Humanos;
- Assistente de Recursos Humanos;
- Aprendiz;
- Coordenador de Recursos Humanos;
- Gerente de Recursos Humanos;
- Estagiário.

As atividades que estão sob a responsabilidade desse setor são: Educação e Treinamento, Recrutamento e Seleção, Comunicação Interna, Compras, Benefícios Corporativos, Processos

Trabalhistas, Promoção e Férias.

Visto que o presente trabalho tem como vertente a análise do setor de Recursos Humanos na ótica geral de seu funcionamento, não se faz necessário no momento saber qual atividade é destinada à qual colaborador.

Se faz necessário saber que os colaboradores são atendidos na ordem de chegada (FIFO), não havendo desistências e que a capacidade de atendimento juntamente com o número de colaboradores, são considerados infinitos devido ao grande porte da empresa.

4.1 Definição do modelo de filas no setor de Recursos Humanos

Primeiramente para se fazer a escolha do modelo de filas mais adequado, se faz necessário analisar o processo de chegadas do setor de Recursos Humanos. É importante ressaltar, que pelo fato da análise do setor de Recursos Humanos ser feita tendo uma visão geral de seu funcionamento, os diferentes assuntos tratados pelo setor e também os colaboradores presentes apresentam comportamento praticamente independente. Tais características são típicas de um processo de Poisson, por isso é esperado que o processo de chegadas do setor seja representado por essa distribuição.

Na Tabela 2 são representados os dados referente a chegada de colaboradores para serem atendidos, durante o período de 90 dias do ano de 2015. Para esses dados, encontrou-se um fluxo médio correspondente à $\lambda=29,78$ pessoas/dia.

Para tal fluxo médio, foi ajustada uma distribuição de Poisson através da fórmula contida na Equação 7 deste artigo, tendo P_{20} calculado através da Equação 6.

Os resultados da ajustagem são demonstrados na Tabela 2 e na Figura 2. Na Figura 2, temos a representação das frequências relativas acumuladas.

Número de chegadas	Frequência Observada (*)	Frequência Relativa	Frequência Relativa Acumulada	Frequência Relativa Teórica(**)	Frequência Relativa Teórica Acumulada
20	1	0,0111	0,0111	0,0144	0,0144
21	2	0,0222	0,0333	0,0205	0,0349
22	3	0,0333	0,0667	0,0277	0,0626
23	3	0,0333	0,1000	0,0359	0,0985
24	3	0,0333	0,1333	0,0445	0,1430
25	3	0,0333	0,1667	0,0530	0,1960
26	5	0,0556	0,2222	0,0607	0,2567
27	6	0,0667	0,2889	0,0670	0,3236
28	9	0,1000	0,3889	0,0712	0,3949
29	6	0,0667	0,4556	0,0731	0,4680
30	8	0,0889	0,5444	0,0726	0,5405
31	10	0,1111	0,6556	0,0697	0,6103
32	6	0,0667	0,7222	0,0649	0,6751
33	7	0,0778	0,8000	0,0585	0,7337
34	6	0,0667	0,8667	0,0513	0,7849
35	4	0,0444	0,9111	0,0436	0,8286
36	3	0,0333	0,9444	0,0361	0,8646

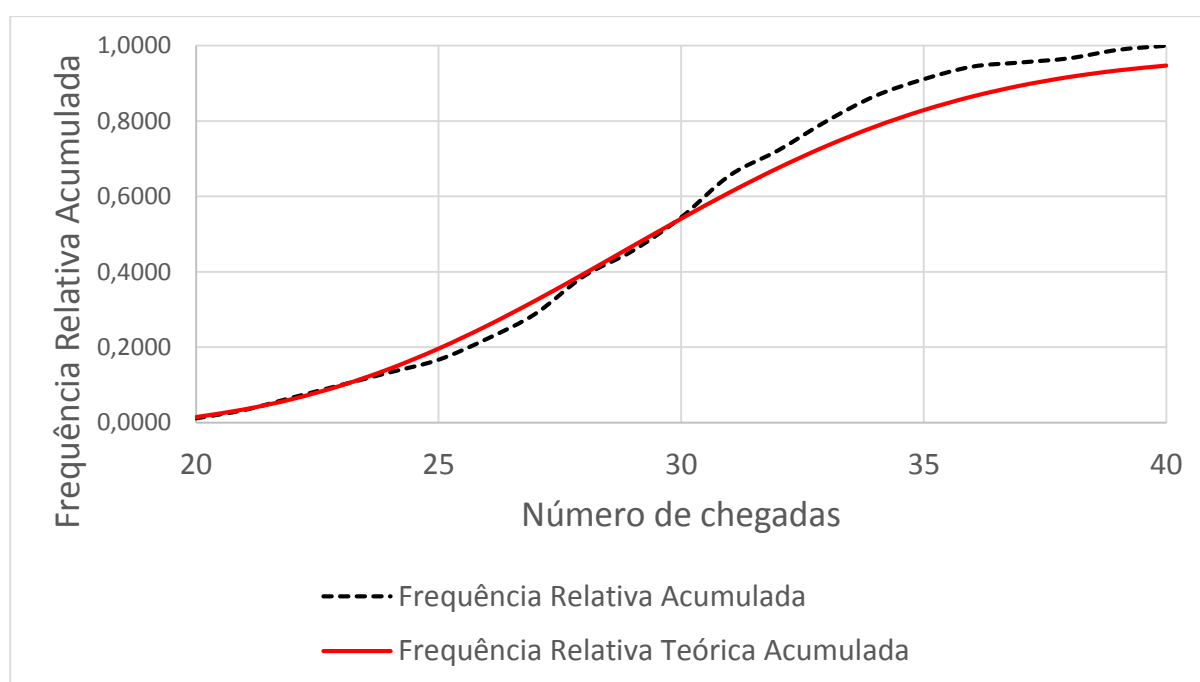
37	1	0,0111	0,9556	0,0290	0,8937
38	1	0,0111	0,9667	0,0228	0,9164
39	2	0,0222	0,9889	0,0174	0,9338
40	1	0,0111	1,0000	0,0129	0,9467
Total	90				

(*) Número de dias em que se observam n chegadas

(**) Poisson

Fonte: Autores (2016)

Tabela 2 – Análise das chegadas de colaboradores no setor de Recursos Humanos



Fonte: Autores (2016)

Figura 2 – Distribuição das chegadas diárias dos colaboradores

A análise da Figura 2 indica ser razoável a hipótese de chegadas ser regida por uma distribuição de Poisson. Outro ponto fundamental que comprova tal distribuição, é o comportamento dos colaboradores que utilizam o setor de Recursos Humanos.

Em seguida, passa-se a analisar o tempo de atendimento realizado aos colaboradores, que corresponde ao tempo em que os mesmos ficam na mesa dos servidores. O tempo em questão, é função das seguintes características:

- Tipo de assunto relacionado as atividades de Recursos Humanos;
- Duração da jornada de trabalho;
- Número de atendimentos sendo realizado simultaneamente.

Devido a esses fatores que influenciam diretamente no tempo de atendimento e suas grandes variedades, é esperado que o mesmo seja regido por uma distribuição Exponencial. Na Tabela

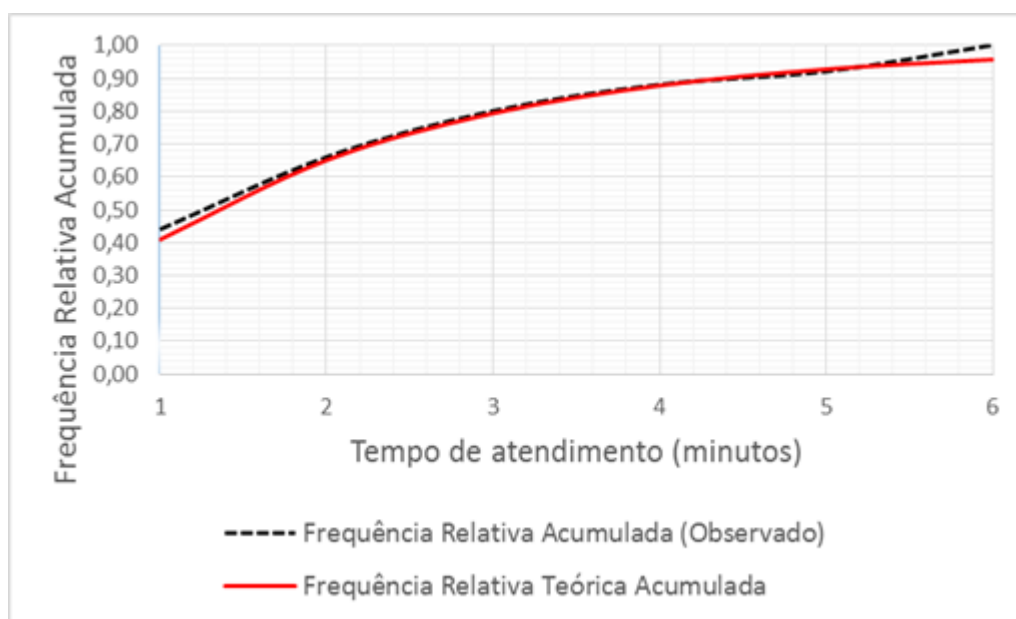
3 foram computados os 1500 casos analisados e obteve-se um tempo médio de atendimento de $E[T] = 9,5$ minutos/pessoa.

Os valores da frequência relativa teórica acumulada presente na Tabela 3, são calculados por meio da função de repartição de T, dada pela Equação 9, com $\mu = 0,10526$ que foi obtido pela Equação 5.

Tempo de atendimento (em minutos)	Frequência Observada	Frequência Relativa	Frequência acumulada	Frequência Relativa Acumulada (Observado)	Frequência Relativa Teórica Acumulada
1 a 5	660	0,44	660	0,44	0,41
6 a 10	330	0,22	990	0,66	0,65
11 a 15	210	0,14	1200	0,80	0,79
16 a 20	120	0,08	1320	0,88	0,88
21 a 25	60	0,04	1380	0,92	0,93
26 a 30	120	0,08	1500	1,00	0,96
Total	1500				

Fonte: Autores (2016)

Tabela 3 – Análise dos tempos de atendimento dos colaboradores no Recursos Humanos



Fonte: Autores (2016)

Figura 3 – Distribuição do tempo de atendimento dos colaboradores no Recursos Humanos

A Figura 3 demonstra que as curvas de frequência acumulada teórica com parâmetro $\mu = 0,10526$ e observada praticamente coincidem, confirmando a hipótese de que o tempo de atendimento dos colaboradores no setor de Recursos Humanos é regido por uma distribuição Exponencial.

Portanto, sabendo-se que o número de colaboradores (servidores) que realizam o atendimento no setor de Recursos Humanos é igual a 11, ou seja, $C=11$, temos que o modelo matemático baseado em Teoria das Filas que descreve o atendimento no setor é $M/M/11$.

4.2 Análise do desempenho de funcionamento

Calculando a taxa de utilização do sistema no setor de Recursos Humanos através da Equação 1, obteve-se o valor de $\rho = 0,02$, entretanto esse valor não representa a realidade devido ao fato da análise abordar esse sistema de maneira geral, não levando em consideração algumas restrições. Na prática existem restrições que fazem com que, em alguns casos, o colaborador não seja atendido de maneira imediata ao chegar no Recursos Humanos da empresa. Entre elas, a mais importante está ligada às atividades internas que estão sob responsabilidade desse setor.

Para situações como essa, o valor da taxa de utilização (ρ) pode ser calculado com base nos tempos de espera reais observados nesse período. Os valores encontrados estão indicados na Tabela 4.

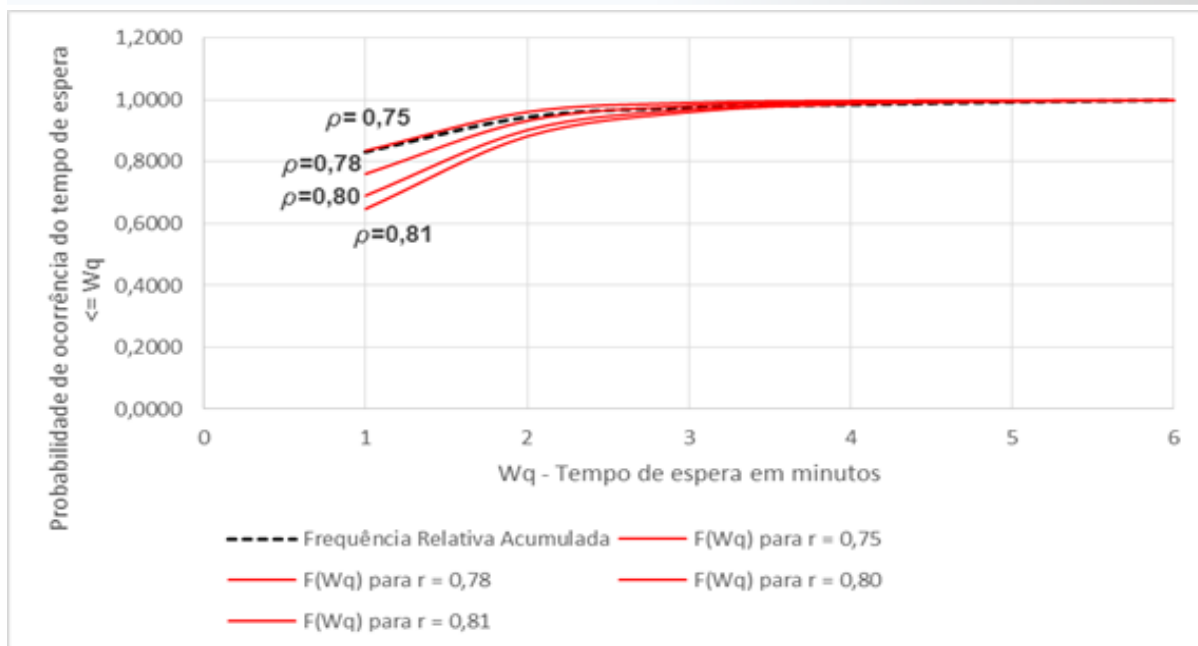
Tempo de Espera (em minutos)	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Relativa Acumulada	F(Wq) para ρ = 0,75
1 a 5	555	0,8308	0,8308	0,8366
6 a 10	76	0,1138	0,9446	0,9616
11 a 15	21	0,0314	0,9760	0,9910
16 a 20	6	0,0090	0,9850	0,9979
21 a 25	6	0,0090	0,9940	0,9995
26 a 30	4	0,0060	1,0000	0,9999
Total	668			

Fonte: Autores (2016)

Tabela 4 – Tempo de espera dos colaboradores no setor de Recursos Humanos

Calculando-se nesse casos as curvas teóricas do tempo de espera para diversos valores de ρ , através da Equação 10, foi elaborado o gráfico da Figura 4, no qual também consta a curva das frequências relativas acumuladas referente aos dados reais da Tabela 4.

Com o confronto da curva dos valores observados e o das curvas teóricas, verifica-se que o valor real da taxa de utilização do sistema (ρ) é aproximadamente igual 0,75.



Fonte: Autores (2016)

Figura 4 – Distribuição do tempo de espera dos colaboradores

Após a descobrir o valor real da taxa de utilização (ρ) do sistema estudado, foi possível obter os valores de algumas variáveis de desempenho relacionada a esse modelo de filas, tais como, expectâncias do número de elementos na fila, do número de elementos no sistema e também do tempo de espera no sistema, através das Equações 2, 3 e 4 respectivamente. Os valores encontrados para essas variáveis de desempenho do sistema, estão indicados na Tabela 5.

Variáveis de Desempenho do Sistema	Valores obtidos
Taxa de utilização (ρ)	0,75
Número de elementos no sistema $E[n]$	0,856
Número de elementos na fila $E[q]$	1,168
Tempo de espera no sistema $E[Wq]$	1,345

Fonte: Autores (2016)

Tabela 5 – Resultado das variáveis de desempenho da Teoria das Filas

Após analisar os resultados obtidos, nota-se que não há um congestionamento de colaboradores no setor de Recursos Humanos, devido ao fato do número de elementos no sistema e na fila terem um valor baixo, logo afetam bem pouco a produtividade do setor. Outro ponto a se analisar é o tempo de espera no sistema, que por ter um valor baixo é considerado satisfatório e não gera insatisfação por parte dos colaboradores que vão até o setor.

5. Conclusão

O estudo da teoria das filas no setor de Recursos Humanos de indústria alimentícia apresentado neste artigo, demonstra uma aplicação da mesma no cotidiano das pessoas e que realmente é possível utilizá-la no setor de serviços, com o intuito de avaliar o desempenho atual do sistema estudado, possibilitando após o estudo realizar ações que possam trazer melhorias.

O modelo encontrado, satisfazendo o objetivo deste artigo, foi o modelo M/M/11, que se

caracteriza por apresentar uma fila única com 11 pontos de atendimento em paralelo para atender as necessidades dos colaboradores da empresa. Com base nesse modelo de filas, foi possível extrair os valores das variáveis de desempenho e se fazer uma análise da situação atual do setor.

Um ponto importante, foi a existência de uma diferença considerável entre a taxa de utilização do sistema obtida de maneira teórica e a obtida através dos valores observados no período. Situação essa que demonstra que as atividades internas do setor são de grande volume quando comparadas ao atendimento prestado pelo setor, ou seja, se somente houvesse a realização de atendimento aos colaboradores por parte do Recursos Humanos sem atividades internas, o mesmo estaria totalmente ocioso, pois estariam disponíveis 98% de sua capacidade total.

Entretanto, no cenário atual, o setor de Recursos Humanos apresenta uma ociosidade de 25% de sua capacidade total, suportando possíveis aumento de atendimentos.

Referências

ARENALES, M. et al. *Pesquisa Operacional*. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

BATERMAN, T. S.; SNELL, S. A. *Administração: liderança e colaboração no mundo competitivo*. 7ª Edição. São Paulo: McGraw-Hill, 2007.

CHIAVENATO, I. *Introdução à Teoria Geral da Administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações*. 7ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

FONTANELLA, G.; MORABITO, R. *Modelagem por meio de teoria de filas do tradeoff entre investir em canais de atendimento e satisfazer o nível de serviço em provedores internet*. *Gestão & Produção*, 4(3), 278-295, 1997.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. *Introdução à pesquisa operacional*. 8ª Edição. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

MOREIRA, D. A. *Pesquisa operacional: curso introdutório*. 2ª Edição revista e atualizada. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

NOVAES, A. G. N. *Pesquisa Operacional e Transportes: modelos probabilísticos*. 1ª Edição. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

SHAMBLIN, J. E.; STEVENS Jr., G. T. *Pesquisa Operacional – uma abordagem básica*. São Paulo: Atlas, 1979.

YIN, R. *Applications of Case Study Research*. Sage Publications, 2003.