



Congresso de Sistemas LEAN

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ATENDIMENTO EM UMA LOJA DE TELEFONIA CELULAR POR MEIO DA APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE TEORIA DAS FILAS E SIMULAÇÃO

Robinson José Catalini (UNIMEP) – rojcatalin@unimep.br

Maria Célia de Oliveira Papa (UNIMEP-MACKENZIE) – mceliamat@yahoo.com.br

Rodrigo Ferro (UNIMEP) – rrferro@unimep.br

André Luis Helleno (UNIMEP-MACKENZIE) – alhelleno@gmail.com

Resumo

O volume de trabalhos relacionados com a área de pesquisa operacional vem crescendo nos últimos anos em função do aumento da complexidade e exigências sobre os sistemas de produção. Nesse sentido, o presente trabalho propõe aplicar os conceitos da teoria das filas e simulação para avaliar a capacidade de atendimento em uma loja de telefonia celular. Busca-se estudar o comportamento do modelo existente na visão do atendimento e, com isso compreender como o processo de fila ocorre. A partir deste modelo, busca-se avaliar os recursos em uma situação futura de forma a manter os indicadores de qualidade do atendimento. Este trabalho justifica-se por tratar-se de um serviço relacionado a um bem de consumo de grande inserção em nosso cotidiano. Os resultados obtidos mostram que para este caso é possível manter os indicadores de qualidade do atendimento com um número menor de atendentes.

Palavras chave: Teoria das Filas, Simulação, Serviço.

Astract

The volume of work related to the field of operations research has been growing in recent years due to the increasing complexity and demands on production systems. In this sense, this paper proposes to apply the concepts of queuing theory and simulation to evaluate the service capacity in a cell phone store. We seek to study the behavior of the existing model in the view of care and thereby understand how the process occurs queue. From this model, we seek to assess the resources in a future situation in order to maintain the quality indicators of care. This work is justified because it is related to a commodity of great integration into our everyday service. The results show that for this case it is possible to keep the indicators of quality of care with fewer attendants.

Keywords: queue line , simulation, service.

1. Introdução

O desenvolvimento de ferramentas e estudos relacionados com a simulação do fluxo de produção tem-se expandido ao longo de décadas (Kusiak, 1986). Diversas áreas estão utilizando e criando modelos para entender seus processos e assim obter melhor uma eficiência dos recursos existentes (Martínez, 2005).

Segundo Freitas (2001) a simulação permite que vários cenários com diferentes configurações sejam avaliados na busca do cenário ideal. Law e Kelton (1991) apontam a utilização da simulação para as seguintes situações: desenvolver e analisar sistemas de manufatura; melhorar e analisar sistemas de atendimento; analisar sistemas financeiros e



econômicos; desenvolver e analisar sistemas de transporte; evoluir sistemas de comunicação; apoiar a tomada de decisões.

Como exemplo de aplicação da simulação, destaca-se o estudo de caso de Al-Aomar (2011), o qual utilizou a simulação aplicar as ferramentas da manufatura enxuta na ótica de três indicadores: produtividade; tempo de ciclo e WIP (“*work in process*”). Como forma de validar o cenário desenvolvido na simulação, foi utilizada a teoria das filas. Ao final do estudo, chegou-se a conclusão que o resultado encontrado por meio da simulação foi considerado equivalente aos resultados calculado segundo a teoria das filas.

Em outro exemplo, Baykasoglu e Durmusoglu (2012) desenvolveram um trabalho para avaliar a implantação de um processo flexível por meio de simulação. A definição do fluxo do material, as estratégias de saída dos produtos e as estratégias de espera foram modeladas para determinar qual o melhor cenário a ser escolhido tomando como base a variedade de produtos. Ao final do estudo, houve redução na quantidade de peças durante o processo de fabricação e o aumento na variedade de produtos não teve impacto negativo no atendimento dos pedidos.

Este estudo avaliou o processo de atendimento em uma loja que comercializa aparelhos e linhas telefônicas de uma determinada operadora.

Atualmente este tipo de serviço é regulamentado e avaliado por agências governamentais. O controle é realizado mensalmente, no qual a qualidade do serviço de atendimento deve ser de 95% de atendimentos abaixo de 30 minutos. Um resultado abaixo deste percentual implica em multas e suspensão da licença de comercialização do serviço.

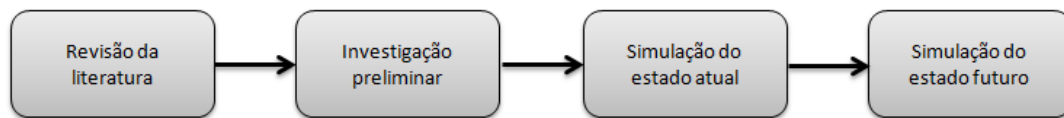
Em função disso, o dimensionamento da quantidade de recursos (atendentes) torna-se um fator importante e complexo neste tipo de serviço. Para desenvolver este estudo, foi disponibilizado pela loja o resumo dos dados de atendimento de um período de 30 dias. Neste resumo observa-se que 30,0% do total de atendimentos estão abaixo de 30 segundos.

Com base nesses dados propõe-se aplicar os conceitos de teoria das filas e simulação para dimensionar a capacidade de atendimento em uma loja de telefonia celular. Busca-se avaliar o comportamento sobre a questão do atendimento e com isso compreender como o processo de fila ocorre.

Para isso, o estudo foi desenvolvido de acordo com as seguintes etapas:



Figura 1 – Etapas do trabalho.



3. Teoria das Filas e Simulação

O termo "fila" provém da dedução ou relação para com outro termo – “espera”. Muitos trabalhos evidenciam o conceito, mas Hillier e Lieberman (1988) discutem com propriedade a formação da fila quando apresentam que “*os clientes requerendo serviços são gerados no tempo por uma fonte de chegada*”. A relação que fornecem ainda está relacionada ao fato de passar a fazer parte de um sistema quando um cliente passa a esperar por um serviço ou produto. Desta forma, entende-se que uma fila é caracterizada pelo número máximo de elementos (clientes) que a mesma possa conter em espera por um serviço ou produto.

A fila está relacionada a fatores como o tempo de atendimento dos elementos e a fonte de chegada, a qual pode ser definida como taxa média de chegada. Esta taxa ocorre de forma aleatória, mas pode apresentar, segundo Hillier e Lieberman (1988), um padrão estatístico representado por uma distribuição de Poisson.

Ainda sobre a aleatoriedade da formação da fila, Duckworth (1972) informa que quanto mais aleatório for o processo pela demanda de um serviço, maior deverá ser o tempo de espera de um cliente.

Lim et al (2012) comentaram que na situação de um hospital, mais precisamente na área de emergência, uma fila torna-se um elemento de risco para a questão do índice de mortalidade. Concluíram que a melhoria nesta questão contribui para a segurança e resultados gerais do hospital.

Diversas maneiras de estudo das filas são analisados no trabalho de Lim et al (2012). É possível observar que quando usa-se um serviço normalmente encontra-se uma única fila. Todas as questões são agrupadas, independente do tempo de atendimento.

Lange et al. (2013) aplicaram a teoria das filas para estimar a taxa de chegada no atendimento de um setor em um aeroporto com o objetivo de dimensionar a quantidade de atendentes disponíveis para garantir a qualidade do atendimento. A validação dos novos



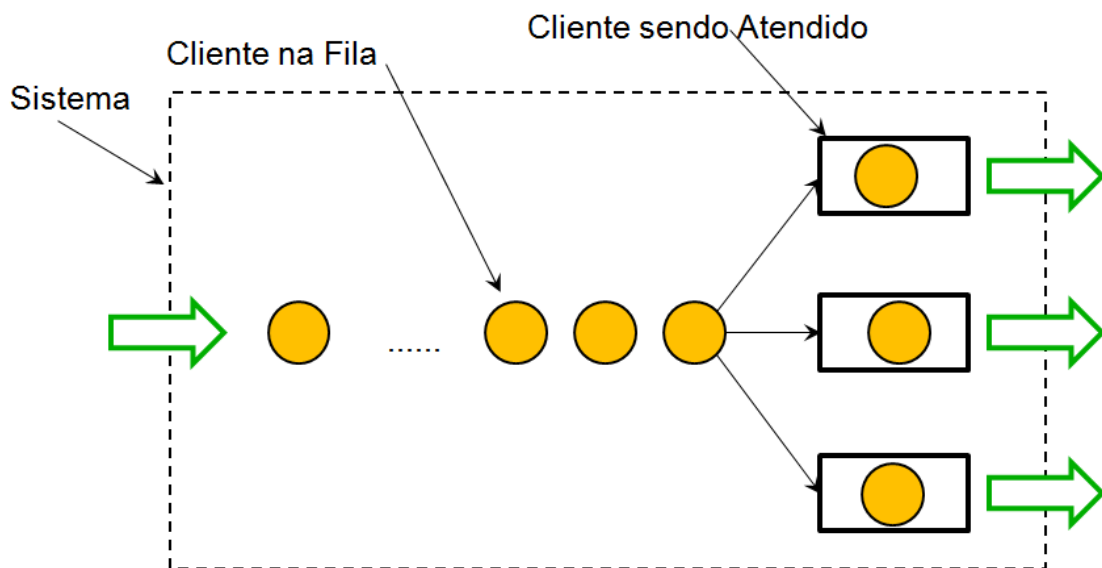
cenários se deu por meio de simulação e os resultados identificaram que houve redução no custo desta operação. Isso se deu por meio da redução da quantidade de atendentes no setor estudado.

Em outra aplicação, Lin e Chen (2012) desenvolveram um modelo baseado na teoria das filas com o objetivo de avaliar um sistema de produção puxada gerenciada por meio da ferramenta kanban.

Para a avaliação e o dimensionamento de um sistema de socorro por meio de ambulâncias, Singer e Donoso (2008) utilizaram as técnicas da teoria das filas, no qual foram mapeadas as distribuições dos atendimentos utilizando um levantamento histórico, em seguida foi possível avaliar a necessidade de compra de novas ambulâncias para a frota.

Quando se deseja estudar as características de uma fila, é necessário conhecer os elementos que a compõe. A figura 2 ilustra os elementos de uma fila.

Figura 2 – Elementos de uma fila conforme, adaptado de Prado (1999)



Neste sentido, Joustra, Sluis & Dijk (2010) discutiram ainda o risco de questionamento por parte dos clientes. Dificilmente um mesmo cliente deverá questionar sobre mais de uma situação estando numa única fila. Com isso, a situação da fila única pode trazer vantagens para o serviço. Informaram ainda que a capacidade dos colaboradores deve ser observada e ajustada para servir os diferentes níveis requeridos de questionamento, o que contribui com a variabilidade do serviço.



Desta forma pode-se optar por:

- a) Trabalhar com uma única fila, com os colaboradores atendendo todos os tipos de situação. Neste modelo, a possibilidade de ociosidade por parte dos colaboradores dificilmente ocorrerá. Obrigatoriamente, uma maior probabilidade de fila ocorre;
- b) Trabalhar com mais de uma fila, segregando os tipos de questionamentos por parte dos clientes. Nesta situação, dependendo das categorias formadas e separadas por colaborador, pode-se surgir certa ociosidade, ou ter um processo desbalanceado.

No estudo de caso, é possível observar que o critério adotado foi o de fila unida.

O estudo da simulação vem, ao longo dos anos, sendo favorecido pelo desenvolvimento acentuado de *hardware* e *software* relacionados com os sistemas computacionais.

Na simulação, como tratou Freitas (2001), as operações têm sido auxiliadas e os computadores buscam uma similaridade para qualquer tipo de processo. Freitas (2001) ainda definiu simulação como “a modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo”.

Ainda, Freitas (2001) comenta a importância da simulação como o meio de se buscar um estudo preventivo, evitando assim, custos desnecessários e um melhor resultado após a implantação de um determinado processo.

Nos dias atuais, implementar um projeto implica num alto risco de incertezas operacionais. A simulação vem como um ferramental de alta importância para minimizar tal risco.

Definida por Harrel et al. (2002), simulação é um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real, para avaliar como este sistema se comporta com mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno.

Freitas (2001) afirma que a simulação é a utilização de técnicas matemáticas, empregadas em computadores digitais, as quais permitem imitar o funcionamento de praticamente qualquer operação ou processo do mundo real.

Law e Kelton (1991) defendem que a simulação é um modelo matemático, geralmente aplicado por meio de computadores, que representa um sistema real. Banks (1998) afirma que a simulação é a reprodução de um sistema real através de modelos matemáticos.



Embora os testes realizados em ambientes reais sejam ideais para avaliar as mudanças de um sistema, esta prática pode ser dispendiosa ao que se diz respeito a custo e tempo. Neste cenário, vários autores utilizam a simulação para resolverem problemas de tomadas de decisões em sistemas de produção.

Nomden e Zee (2008) desenvolveram um modelo de simulação contemplando informações como tempo de processamento, histórico de falhas e *setup*. O objetivo deste estudo foi desenvolver rotas para o fluxo de materiais e abastecimento para que as dificuldades de tempo de entrega dos produtos fossem minimizadas. Ao final do trabalho três pontos ficaram evidentes: (1) um pequeno número de rotas alternativas, na sua maioria é suficiente para este sistema, (2) a distribuição das rotas fixas é preferível, e (3) recursos secundários adicionais (novos equipamentos) são relevantes apenas em condições específicas.

Jeong e Phillips (2011) aplicaram a simulação em uma empresa fabricante de extintores de incêndio portáteis com o objetivo de avaliar qual o melhor layout dentre três tipos diferentes modelados. Ao final da simulação, um deles foi considerado a melhor opção para o sistema. Após isso o mesmo modelo foi utilizado para otimizar a quantidade de *pallets* necessários para abastecer a fábrica.

Vinod e Sridhaaran (2011) utilizaram a simulação para definir o melhor método de programação do sistema de produção, levando em conta o tempo total de manufatura do produto. Sete diferentes escalas de produção foram testadas no modelo de simulação e os resultados desta simulação foram submetidos a testes estatísticos para validar os dados. Ao final do trabalho concluiu-se que o modelo desenvolvido *neste* estudo atendeu os objetivos da pesquisa.

Harrel et al. (2002) definem eventos discretos como sendo uma ação instantânea que ocorre em um momento único. Para Banks (1998), a simulação de eventos é composta por entidades que podem ser pessoas, peças ou equipamentos, e quando alguma entidade executa ações, estas causam efeitos no sistema.

Segundo Law e Kelton (1991), a simulação de eventos discretos consiste em um modelo que evolui ao longo do tempo por uma representação em que as variáveis do estado mudam instantaneamente as ações ocorridas.



4. Resultados e discussões

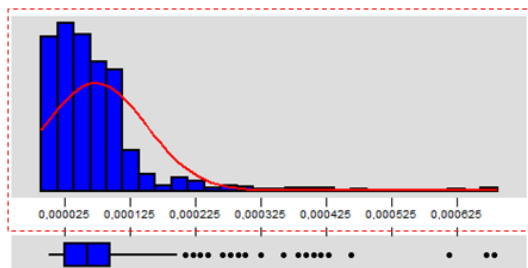
Considerando as etapas definidas no método desse trabalho, a etapa da aplicação consiste em fazer um estudo preliminar a partir dos dados fornecidos pela empresa.

A empresa avaliada está localizada em uma cidade do interior do estado de São Paulo e possui três colaboradores (atendentes). Os dados utilizados foram limitados em 30 dias, considerando que o processo ocorre no período semanal entre segunda-feira a sexta-feira das 9:00- 18:00 h e aos sábados das 9:00 - 13:00 h.

Os dados contém um montante de 710 observações (atendimentos). Destes, foram subtraídos 90 observações em função de atendimentos cancelados. Os atendimentos cancelados são processos abertos no sistema e encerrados logo a seguir. O que evidencia um desvio nos dados analisados. Sem a exclusão destes elementos, a média de tempo por atendimento foi da ordem de 00:00:06h (seis segundos) e com a exclusão o resultado foi de 00:03:48h (três minutos e quarenta e oito segundos). Torna-se importante esta segregação em virtude de muitos clientes que retiraram a senha de atendimento terem desistido no meio do processo, saindo então da fila. Se fossem mantidos, o tempo de espera na fila teria um falso desvio, conforme ilustra a figura 3.

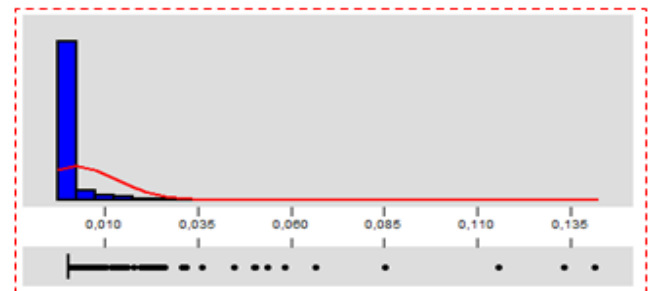
Figura 3 - Estudo preliminar do comportamento dos atendimentos.

(a)



Comportamento com os atendimentos cancelados.

(b)



Comportamento considerando as exclusões dos atendimentos cancelados.

Observa-se na figura 3, que os dados seguem uma distribuição Exponencial negativa. Este fato foi observado para as duas situações.

Os parâmetros do processo usados para a simulação do estado atual estão apresentados na tabela 1.

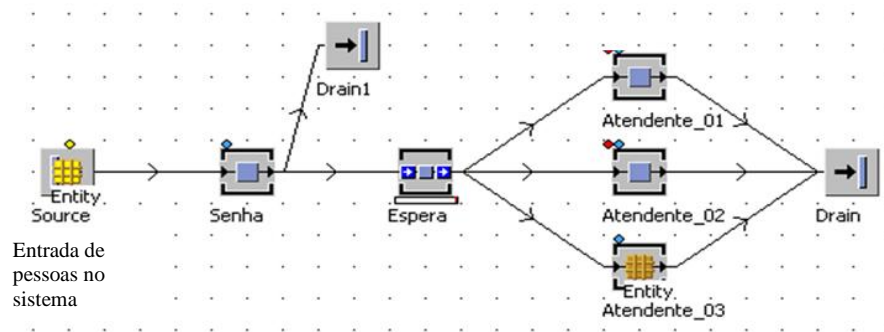


<u>Parâmetro</u>	<u>Estado atual</u>
Taxas de entrada	15'00" (Média) 2'00" (Menor) 1h00'00" (Maior)
Retirada de senha	Tempo de processo 0 (zero)
Capacidade do sistema	Quantidade máxima de pessoas na espera 10
Atendentes	3 atendentes, tempo de atendimento Exponencial Negativa 3'48" (Média) 4" (Menor) 3h23'00" (Maior), 85% do tempo disponível para atendimento e 15% do tempo para outras atividades

Tabela 1: Parâmetros do estado atual

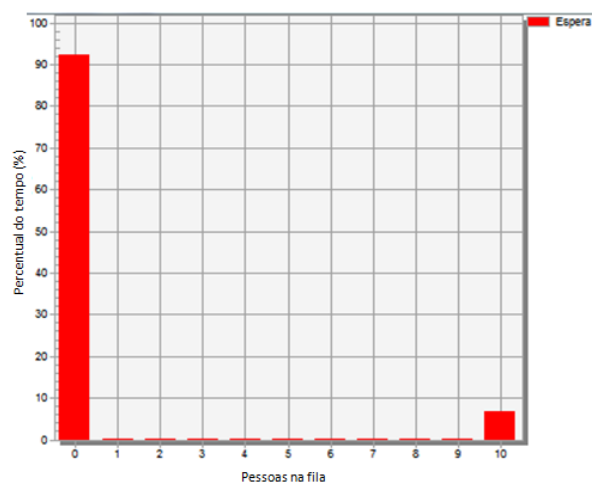
A simulação foi realizada no sistema *Plant Simulation*, na qual utilizou-se o modelo ilustrado na figura 4.

Figura 4: Modelo do estado atual



Os dados do estado atual mostram que o sistema apresenta uma capacidade máxima de 2619 atendimentos, considerando uma capacidade máxima de 92% como tempo da fila em sua capacidade mínima, o que consiste em uma pessoa pelo menos na fila, conforme mostra a figura 5.

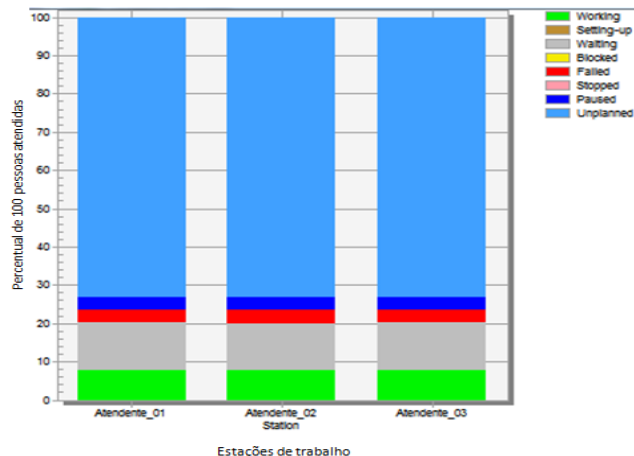
Figura 5 – Análise dos resultados no estado atual. Indicação do tempo em que a fila permanece com capacidade mínima





Além disso, observa-se que os tempos de atendimento são da ordem de 8% da utilização do tempo total disponível para o dia de trabalho, considerando o uso de três atendentes, conforme ilustra a figura 6.

Figura 6 – Análise do tempo de uso dos atendentes



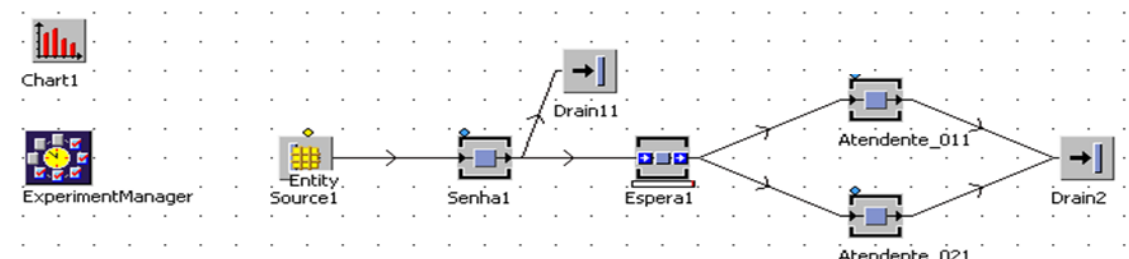
A partir dos resultados observados na simulação do estado atual, este trabalho propõe simular o estado futuro a partir dos seguintes dados, de acordo com a tabela 2.

<u>Parâmetro</u>	<u>Estado futuro</u>
Taxas de entrada	Exponencial Negativa: 15'00" (Média) 2'00" (Menor) 1h00'00" (Maior)
Retirada de senha	Tempo de processo 0 (zero)
Capacidade do sistema	Quantidade máxima de pessoas na espera 10
Atendentes	Atendentes: 2 atendentes, tempo de atendimento Exponencial Negativa 3'48" (Média) 4" (Menor) 3h23'00" (Maior), 85% do tempo disponível para atendimento e 15% do tempo para outras atividades

Tabela 2: Parâmetros do estado futuro

O modelo utilizado para representar o estado futuro é ilustrado na figura 7.

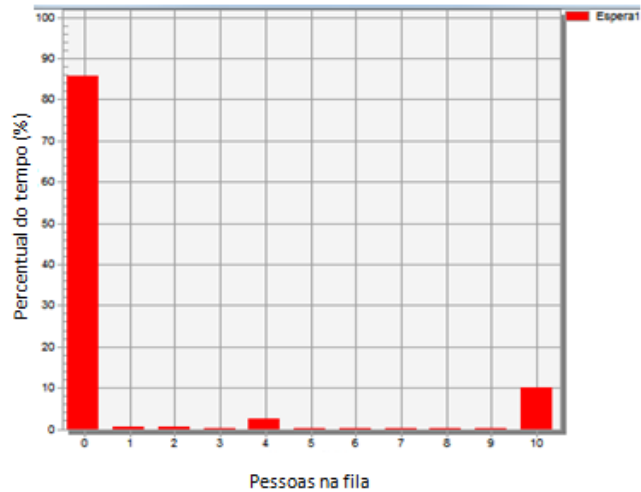
Figura 7: Modelo do estado futuro





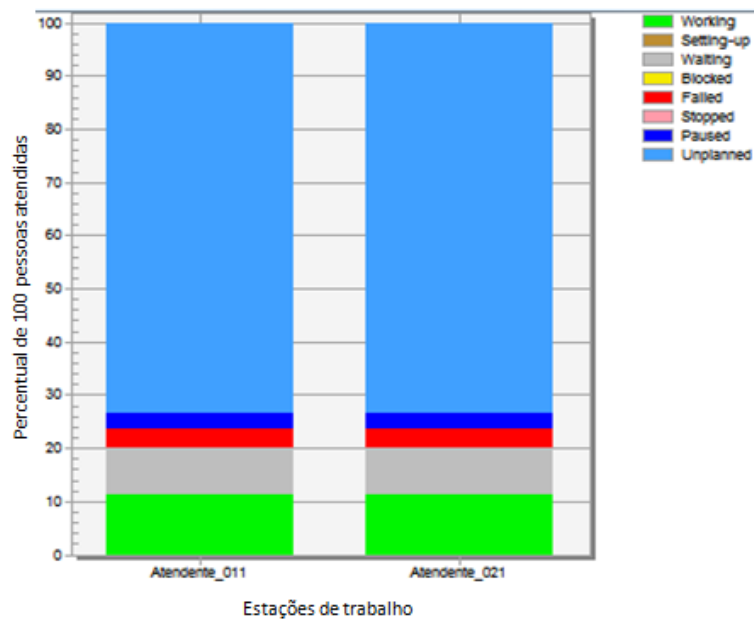
A capacidade de atendimento na condição futura (2 atendentes) é de 2566 atendimentos, considerando uma taxa de 85% do tempo na fila com a capacidade mínima, conforme figura 8.

Figura 8 - Tempo de espera no processo otimizado



De acordo com a figura 8, uma taxa de 12% do tempo total disponível está sendo utilizado. A figura 9 traz uma estratificação quanto aos tempo utilizados para cada atendente neste formato.

Figura 9 - Tempo utilizado após a otimização, agora com dois atendentes





O resultado da figura 9 deixa evidente que mesmo sem o processo de simulação a situação atual do negócio comporta um incremento no volume de atendimento. Considerando o volume dos atendimentos iniciais da ordem de 710 ocorrências, pode-se verificar que é possível chegar a um número muito superior, na ordem de 2619 atendimentos e, excluindo-se um dos atendentes este número de atendimentos deve ser reduzido para a quantia de 2566.

5. Conclusões

É possível perceber que há uma folga quanto à capacidade de atendimentos. Os dados reais mostraram um total de 710 atendimentos, mas o estudo mostrou que a capacidade máxima do sistema é da ordem de 2619 como capacidade máxima. Mesmo considerando apenas dois atendentes o número de atendimentos é reduzido para 2566, o que ainda é muito superior à quantidade real.

No modelo inicial, verificou-se que a fila mantém-se 92% na quantidade mínima e que mesmo após a otimização este número é reduzido para 85%, sendo este um valor expressivo, pois, verifica-se que praticamente não há formação da fila de espera, o que evidência o fato do número de atendentes estar acima do necessário.

Entende-se que neste instante não se justifica a quantidade de três atendentes, visto que pela simulação, apenas dois atendentes já são suficientes e mesmo assim, pressupõem que haverá ociosidade. Tal evento está relacionado também com os períodos sazonais, férias, horário de almoço e descanso dos atendentes. Isto é o que foi justificado pela loja quanto à existência dos atendentes atuais.

6. Limitações deste trabalho

As limitações deste trabalho estão ligadas a uma situação onde o modelo de negócio possui uma rápida expansão, o que provoca novos estudos mediante a mudança do comportamento do mesmo. Também, o propósito deste estudo está ligado a apenas uma pequena fatia área da pesquisa operacional. Outros trabalhos devem ser analisados com propósitos semelhantes.

Como sugerido anteriormente, indica-se a continuidade do estudo, avaliando o comportamento dos dados e uma avaliação do modelo de negócio.



Referências

- ABDY, Zeeshan R. & HELLINGA, Bruce R.. **Analytical Method for Estimating the Impact of Transit Signal Priority on Vehicle Delay**. Journal of Transportation Engineering, Vol 137, nº 8, 2011.
- AOMAR, R.A. Handling **multi-lean measures with simulation and simulated annealing**. Journal of the Franklin Institute, 2011.
- BANKS, J. **Handbook of simulation**. New York : Jerry Banks, 1998.
- BAYKASOGLU, A. e DURMUSIGLU, Z. D. U. **Flow time analyses of a simulated flexible job shop by considering jockeying**. Int J Adv Manuf Technol. pp. 693-707, 2012.
- DUCKWORTH, Walter E. **Guia à Pesquisa Operacional**. Editora Atlas, São Paulo, 1972.
- ERICKSSON, Henrik; BERGBRANT, Ing-Marie; BERRUM, Ingela & MORCK, Boel. **Reducing queues: demand and capacity variations**. International Journal of Health Care Quality Assurance, Vol 24, nº 8, 2011.
- FREITAS, Paulo J. Filho. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas**. Visual Books Editora, Florianópolis, 2001.
- GARCIA, Claudio. **Modelagem e Simulação de Processos Industriais e de Sistemas Eletromecânicos**. Ed. USP, São Paulo, 1977.
- HARREL, C.R., et al. **Simulação. Otimizando os sistemas**. São Paulo : IMAN, 2002.
- HILLIER, Frederick S. & LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. Editora Campus Ltda, São Paulo, 1988.
- JEONG, K.Y. & PHILLIPS, D.T. **Application of a concept development processo to avaluate process layout using VSM and simulation**. Journal of Industrial Engineering and Management. 2011, Vol. 4, 2.
- JOUSTRA, Paul; SLUIS, Erik van der & DIJK, Nico M. van. **To pool or not to pool in hospitals: a theoretical and practical comparison for a radiotherapy outpatient department**. Ann Oper Res, Vol 178, 2010.
- KACZYNSKI, William H., LEEMIS, Lawrence. M. & DREW, John H.. **Transient Queueing Analysis**. Journal on Computing, Vol 24, nº 1, 2012.
- KUSIAK, Andrew. **Application of operational research models and techniques in flexible manufacturing systems**. European Journal of Operational Research. Vol. 24, 1986.
- LAW, A. M. e KELTON, D. **Simulation Modeling and Analysis**. McGraw-Hill, 1991.
- LIM, Morgan E.; NYE, Tim; BOWEN, James M.; GOEREE, Ron & TARRIDE, Jean-Eric. **Mathematical Modeling: The Case of Emergency Department Waiting Times**. International Journal of Technology Assessment in Health Care, Vol 28, 2012
- MARTÍNEZ, Ernesto, C. **Statistical Simplex Method for Experimental Design in Process Optimization**. Industrial and Engineering Chemistry Research, Vol 44, 2005.



NOMDEN, G. e ZEE, D.J.V. **Virtual cellular manufacturing: Configuring routing flexibility**. International Journal of Production Economics. 2008, 112.

PARDOA, Maria J. & FUENTE, David de La. **Optimal selection of the service rate for a finite input source fuzzy queuing system**. Fuzzy Sets and Systems, Vol 159, 2008.

PRADO, D. **Teoria das filas e da simulação**. Belo Horizonte : Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

SALIBY, Eduardo. **Repensando a Simulação – A Amostragem Descritiva**. Ed. UFRJ, Rio de Janeiro, 1989.

SINGER, M. e DONOSSO, P. **Assessing an ambulance service with queuing theory**. Computer & Operation research. 2008, Vol. 35, 2008.

VINOD, V. e SRIDHARAN, R. **Simulation modelind and analysis of due-date assigment methodes and scheduling decision rules in a dynamic job shop production system**. International Journal of Production Economics. 2011, 129.