

Análise de Capacidade de Atendimento dos Caixas de um Supermercado por Meio da Teoria das Filas e Simulação

Vinícius Carrijo dos Santos (UEM - CRG) viniciuscarrijodossantos@hotmail.com

Diego Aparecido da Silva (UEM - CRG) diego.apo.silva@gmail.com

Gilberto Junior Rodrigues (UEM - CRG) gjrodrigues2@uem.br

Helida Monique Cordasso Fagnani (UEM - CRG) helidamonique@gmail.com

Priscila Pasti Barbosa (UEM - CRG) ppbarbosa2@uem.br

Resumo:

Processos de atendimento devem estar adequados as carências dos clientes, dado que a satisfação dos mesmos corresponde ao fator principal para que uma empresa se mantenha competitiva. No entanto, um evento comum neste tipo de processo são a formação de filas, que obrigam o cliente a esperar pelo atendimento. Este estudo foi baseado na observação do setor de pagamento de um supermercado com o intuito de analisar o sistema de filas existente e sua eficiência. Para tal, foi realizado a coleta de dados referentes ao sistema de filas, os quais foram posteriormente analisados com base na teoria das filas, possibilitando a identificação de necessidades de adequação do sistema. Na sequência foi gerado um modelo virtual deste sistema para simulação sob diferentes cenários, proporcionando o estudo de seu comportamento e identificação de possíveis melhorias. Foram simulados quatro cenários, sendo dois destes simulados para fluxo normal de atendimento, e dois para fluxo alto de atendimento. Para o fluxo normal foi simulada a situação real (filas paralelas) e um com sistema de fila única, obtendo uma redução de tempo de permanência em fila de aproximadamente 66%. Para fluxo alto de atendimento (período de alta demanda) foi simulado novamente a situação real (filas paralelas) e um outro cenário de fila única no qual se obteve uma redução do tempo de permanência em fila de 26,2%, demonstrando que baseado neste estudo caso o sistema de fila única se mostrou mais eficiente para reduzir o tempo de permanência em filas.

Palavras chave: Teoria das filas, Simulação, Supermercados.

Analysis of Service Capacity of Cashier of a Supermarket by Means of Theory of Queues and Simulation

Abstract:

Service processes must be appropriate to customer needs, as their satisfaction corresponds to the main factor for a company to remain competitive. However, a common event in this type of process are queuing, which oblige the customer to wait for service. This study was based on observation of the payment of the grocery sector in order to analyze the existing queue system and its efficiency. For this purpose, it was conducted to collect data for the queuing system, which were later analyzed based on queuing theory, enabling the identification of system suitability requirements. Following generated a virtual model of this system for simulation under different scenarios, providing the study of their behavior and identify possible improvements. Four scenarios were simulated, two of these simulated for normal flow of care, and two for high flow of care. For normal flow was simulated the real situation (parallel queue) and a single queue system, obtaining a residence time reduction in queue of about 66%.

To high flow of care (high demand period) was simulated again the real situation (parallel queue) and another single queue scenario in which obtained a reduction of residence time in the 26,2%, demonstrating that based on this study if the single queue system was more efficient to reduce the time spent in queues.

Key words: Theory of Queues, Simulation, Supermarket.

1. Introdução

Dentro dos diversos setores de empreendimentos existentes no Brasil, o de supermercados desperta atenção devido a sua tendência à ascensão, conforme os dados da Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS, 2015) em que, destaca a tendência de crescimento da participação dos supermercados em um período de 12 anos.

Estudos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), declaram a existência de 9657 empresas do tipo hipermercados e supermercados no Brasil e no ano de 2013, sendo que, 1568 unidades estão localizadas no estado do Paraná. Os dados da pesquisa constataam que apesar de o número de estabelecimentos no estado parecer baixo em relação ao número total de outras empresas do comércio, os supermercados e hipermercados são responsáveis por aproximadamente 25% da receita bruta de revenda e comissões sobre venda do setor, demonstrando a importância destes empreendimentos para a economia. Definindo-se a importância da atuação destas empresas, dado que para que permaneçam ativas necessitam também se manter competitivas.

O sucesso de uma empresa mercadista pode ser definido pela capacidade desta em agregar aos seus serviços características de destaque perante os seus concorrentes. Características que, por muitas vezes, podem se traduzir como qualidade dos serviços prestados. Assim, é necessário que as empresas mercadistas procurem maneiras de entender quais os aspectos buscados pelos clientes nestes serviços e quais as maneiras de atendê-los e, desse modo, gerir um empreendimento voltado a qualidade determinada pelos clientes e suas necessidades.

Considerando as características de prestadoras de serviço que concentram grande fluxo de clientes, na qual se enquadram as empresas mercadistas, verifica-se que um dos fatores de destaque por gerarem o desagrado de clientes são a existência de filas para atendimento, que resultam em desperdício de tempo destes clientes e possibilidade de perda de clientela.

Desse modo, determina-se a necessidade de se buscar um melhor entendimento sobre as características acerca das filas geradas nestes serviços e o comportamento das mesmas, bem como a definição de métodos para redução dos prejuízos causados por tais eventos. Para tais fins, aponta-se a possibilidade de um estudo sobre teoria das filas aplicado ao serviço de atendimento em uma empresa mercadista.

Foi proposto a realização de um estudo por simulação, a partir da construção de um modelo virtual em um *software* de simulação de processos, com base no sistema de filas estudado. Com o intuito de se analisar o comportamento do sistema, ao se realizar mudanças no modelo virtual e identificando as respostas do sistema a tais mudanças. Desse modo, objetiva-se a construção de diferentes cenários para simulação e estudo do sistema de filas.

Portanto, é necessário que sejam analisadas as características relevantes acerca das filas geradas em supermercados, determinando quais as consequências geradas e quais meios podem ser adotados para que se obtenha um maior ganho de produtividade dos seus atendimentos.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Capacidade Produtiva

Uma das principais tarefas de um gestor é a de garantir que o processo dirigido atenda a sua demanda expressando, assim, a importância da definição das estratégias de capacidade produtiva de uma unidade de operações (CORRÊA e CORRÊA, 2011).

Gaither e Frazier (2002), expõem que a capacidade produtiva varia de acordo com as características específicas da unidade de operações em questão, mas de modo geral, a capacidade é definida pelo seu ritmo produtivo máximo.

O planejamento da capacidade de curto prazo necessitam de ações de ajuste de capacidade que possibilitem o atendimento de demandas com variações em períodos de tempo menores, de modo que diferentes métodos podem ser adotados para a realização de tais ajustes, como: o uso de horas extras para ajustar a capacidade a partir da variação do número de horas produtivas trabalhadas; uso de pessoal em tempo parcial, com período de trabalho reduzido e adaptado as demandas, ou; subcontratação, adquirindo capacidade de outras organizações para períodos de alta demanda (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON; 2008).

2.2 Gestão de Demanda

A previsão de demanda é uma das principais fontes de alimentação do planejamento e controle de capacidade, dado que a ausência de planejamento exclui a capacidade proativa de gestão das unidades produtivas, possibilitando apenas a reação aos eventos inesperados (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2008).

Quanto aos estudos de previsão, Martins e Laugeni (2005), apontam a importância de um método com embasamento científico para garantir a obtenção de resultados válidos, definindo previsão como: “processo metodológico para determinação de dados futuros baseados em modelos estatísticos, matemáticos ou econométricos ou ainda em modelos subjetivos apoiados em uma metodologia de trabalho clara e previamente definida”.

De acordo com Mendes (2009), algumas destas variações podem ser imprevisíveis, e que em áreas de varejo, como supermercados, as variações podem acontecer em curtos períodos de tempo, destacando a importância de análises que garantam que a capacidade do serviço seja adequada para garantir a satisfação do consumidor.

2.3 Pesquisa Operacional

Uma das dez grandes áreas da Engenharia de Produção descritas pela Associação Brasileira da Engenharia de Produção (ABEPRO, 2015) é a de Pesquisa Operacional. Que é definida como a geração de métodos científicos baseados em sistemas complexos, os quais são utilizados com o intuito de prever e comparar diferentes estratégias ou decisões (ARENALES *et al.*, 2007).

Dentro do escopo dos estudos abordados pela Pesquisa Operacional estão inclusos os modelos de filas e a simulação.

2.4 Teoria Das Filas

Segundo Moreira (2010), um processo que necessita mais tempo para ser realizado que o tempo de chegada das entradas neste processo, resulta em uma fila. Este fenômeno ocorre com considerável frequência no dia-a-dia.

2.4.1 Características do Sistema de Filas

Os elementos mais importantes para o estudo de um sistema de filas são: população, processo de chegadas de clientes, organizações da fila, disciplina de atendimento e processo de atendimento de clientes (MARINS, 2011).

O sistema de filas é formado por uma fonte de origem, ou população, de onde surgem os clientes que irão formar a fila, obedecendo a disciplina de atendimento ao aguardar pela prestação de algum serviço, que será realizado por um ou mais servidores e, por fim, irá desligar-se do sistema (PRADO, 2004).

Clientes e tamanho da população: A população é a fonte de onde se originam os clientes, podendo ser classificada como infinita, caso a mesma seja muito grande. A chegada dos clientes é denominada independente, por não afetar a taxa de chegada de clientes subsequentes, enquanto que o efeito é considerável caso a população seja pequena (PRADO, 2004).

Processo de chegada: Conforme descrito por Arenales *et al.* (2007) é o intervalo de tempo entre chegadas sucessivas de usuários que irá determinar o processo de chegada de usuários no sistema.

Processo de atendimento: As principais considerações a serem feitas em relação ao processo de atendimentos é referente a duração do atendimento e ao número de atendimentos, que analogamente ao processo de chegada são representados por variáveis aleatórias (MARINS, 2011). Moreira (2010) aponta que os sistemas de filas podem variar quanto ao número de filas e de servidores.

As variações nos números de elementos do sistema de fila, resulta na mudança de sua estrutura, em que Moraes, Silva e Resende (2011) destacam que as principais variações podem ser definidas como:

- Fila única e um servidor: tipo mais comum de estrutura de filas de espera, em que os clientes aguardam em apenas uma fila pelo atendimento em apenas um servidor;
- Fila única e múltiplos servidores em paralelo: sistema onde os clientes aguardam em uma única fila pelo atendimento que pode ser realizado por mais de um servidor, em que a escolha será definida pela disponibilidade destes servidores.
- Múltiplas filas e múltiplos servidores em paralelo: análogo ao anterior, em que mais de um servidor estará apto a realizar o atendimento, diferenciando-se pela existência de mais de uma fila, dedicadas a cada servidor.
- Fila única e múltiplos servidores em série: definido pela existência de uma única fila, no entanto, os clientes passaram por mais de um atendimento em sequência, podendo existir novas filas entre cada servidor.

Disciplina da fila: A disciplina da fila refere-se a regra a ser seguida para a definição da ordem de atendimento, conforme descrito por Prado (2004). A mais adotada é a regra de atendimento de primeiro a entrar primeiro a sair (FIFO – *First in First out*), no entanto, algumas características dos sistemas reais tornam necessárias a adoção de regras diferentes, tais como a atendimento prioritário a idosos, gestantes e pessoas portadoras de necessidades especiais (MOREIRA, 2010).

Variáveis fundamentais: Prado (2004) destaca o fato de que no entendimento de um sistema de filas devem ser levadas em consideração as variáveis randômicas fundamentais:

- Variáveis referentes ao sistema: Tempo médio de permanência no sistema; Número médio

de clientes no sistema;

- Variáveis referentes ao processo de chegada: Ritmo médio de chegada; Intervalo médio entre chegadas;
- Variáveis referentes a fila: Tempo médio de permanência na fila; Número de clientes na fila;
- Variáveis referentes ao processo de atendimento: Tempo médio de atendimento ou serviço; Capacidade de atendimento ou quantidade de atendentes; Número médio de clientes que estão sendo atendidos; Ritmo médio de atendimento de cada atendente.

Comportamentos probabilísticos: Moreira (2010) evidencia o fato de que algumas características das filas em sistemas reais apresentam variáveis aleatórias comportando-se de forma probabilística, assim, assume-se que estas são distribuídas de acordo com alguma distribuição de probabilidades conhecida.

2.5 Simulação

O uso de simulações para o estudo de sistemas reais, permite a exploração de variáveis em diferentes cenários, possibilitando análises de mudanças em um sistema virtual, ou seja, antes que estas mudanças sejam aplicadas ao sistema real (RABELO, 2007).

Freitas (2001) destaca que antes da construção do modelo a ser simulado, há a necessidade da formação de um modelo conceitual, o qual deve ser iniciado a partir de um esboço do sistema, podendo ser de forma gráfica ou algorítmica, na qual serão definidos os componentes e descritas as variáveis e interações lógicas que constituem o sistema. Somente após esta etapa o modelo será codificado em uma linguagem de simulação apropriada, etapa que agregou grande praticidade por meio dos avanços de *hardwares* e *softwares* de simulação.

Muito utilizado na simulação de processos o *software* Arena®, consiste de uma ferramenta de simulação com capacidade de geração de ambiente gráfico, recursos para análise, modelagem de processos e animação dos sistemas, com processo de criação simplificado possibilitando a substituição da criação através de linhas de código pela utilização de fluxogramas (ARENA, 2015).

Outro software que tem ganho destaque na simulação de processos é o FlexSim®. Ferramenta que busca simplificar o método de criação de modelos a partir da utilização de um método mais intuitivo, com uso de representações tridimensionais dos elementos do sistema simulado, possibilitando o uso de gráficos e tabelas dinâmicas alimentadas durante a simulação e, assim, destacando-o como ferramenta de análise por meio de simulação (FLEXSIM, 2015).

3. Metodologia

A fonte de dados que foram utilizadas para o estudo de caso foi coletada em uma empresa mercadista que atua no estado do Paraná, em uma filial da empresa situada na região Centro-Oeste. Para realização do estudo de caso foi seguido as seguintes etapas:

- Fundamentação teórica a respeito dos temas pertinentes:** leitura e análise de livros, artigos e monografias referentes a capacidade produtiva, gestão de demanda, teoria das filas e simulação.
- Coleta de dados no estabelecimento:** coleta de dados dos sistemas de filas e do histórico de demanda.
- Estudo de teoria das filas:** após a coleta dos dados os mesmos foram analisados visando obter maior conhecimento sobre o comportamento do sistema.

- d) **Simulação:** posteriormente ao tratamento dos dados, os mesmos foram utilizados para a construção de um modelo e alimentação do mesmo para realização de simulação dos cenários.
- e) **Resultados:** a partir da análise dos dados e da realização da simulação dos sistemas de fila estudado, pode-se fazer algumas considerações quanto ao comportamento atual do sistema e a de possíveis mudanças para melhorias.

4. Resultados e discussões

Para a coleta de dados optou-se pela observação *in loco*, dado que este método proporcionaria melhores condições para identificação e análise das variáveis referente aos sistemas de filas. Este processo foi realizado num período de sete horas (13h as 20h) e repetido durante três dias (quinta-feira, sexta-feira e sábado), de forma que os períodos e os dias foram selecionados devido a sua tendência a maior fluxo de clientes no estabelecimento.

A partir da observação pode-se identificar uma variação de fluxo semelhante durante o período dos dias analisados. Assim, estes fluxos foram denominados de acordo com a sua intensidade, como pode ser observado na tabela 1.

Períodos	Intensidades de Fluxos
13h as 15h, 16h as 17h e 19h as 20h	Fluxo Normal
15h as 16h e 18 as 19h	Fluxo Alto

Tabela 1 – Intensidade de fluxos estudadas.

Após a identificação dos diferentes ritmos de atendimento, necessitou-se fazer algumas considerações a respeito da configuração da seção de caixas existentes no estabelecimento, as quais podem ser observadas na tabela 2.

Características comuns dos sistemas de filas	Características do estabelecimento
População	Infinita
Número de Estações de Serviço	9
Processo de Atendimento	Múltiplas filas e múltiplos servidores em paralelo
Disciplina da Fila	FIFO

Tabela 2 – Configuração do sistema de filas dos caixas.

Ainda, durante a observação foram coletados os tempos de atendimento, de permanência na fila, de permanência no sistema, os intervalos entre chegadas de clientes e o número médio de clientes na fila. Estes dados foram coletados para um tipo de caixa que na maior parte do tempo atendia cliente com poucas quantidades de volumes (CAIXA A - caixas 1 e 2) e para um tipo de caixa que atendia na maioria do tempo maiores quantidades de volumes (CAIXA B – caixas 3 ao 9) para simplificar a análise. A partir dos dados coletados foram estudadas as variáveis fundamentais destes sistemas, conforme podem ser observados para A e B para intensidade de fluxo normal na tabela 3.

Variável	CAIXA A	CAIXA B	Unidades
TS	310,12	194,94	Segundos
NS	3	2	Clientes
λ	0,0093	0,0093	Clientes/segundos
IC	107,74	107,41	Segundos
TF	222,40	99,77	Segundos
NF	2	1	Clientes
TA	87,76	98,17	Segundos
μ	0,011	0,010	Clientes/segundos
ρ	84,55%	93%	Porcentagem

Tabela 3 – Variáveis fundamentais dos caixas A e B em fluxo normal.

A tabela 4 apresenta as variáveis fundamentais dos caixas A e B em período de alto fluxo.

Variável	CAIXA A	CAIXA B	Unidades
TS	419,96	895,24	Segundos
λ	0,012	0,0072	Clientes/segundos
IC	82,72	139,48	Segundos
TF	346,75	637	Segundos
NF	4	5	Clientes
TA	73,21	131,29	Segundos
μ	0,014	0,0076	Clientes/segundos
ρ	86,71%	97,37%	Porcentagem

Tabela 4 – Variáveis fundamentais dos caixas A e B em fluxo alto.

A partir da obtenção das informações sobre as filas foi possível realizar a simulação do sistema. O processo de simulação teve início com a definição do modelo de sistema de estudo, possibilitando, assim, a delimitação dos parâmetros alvos da análise.

Em seguida buscou-se estudar os dados obtidos na observação do sistema, referentes ao intervalo de chegada dos clientes e o tempo de atendimento dos mesmos, de modo a identificar a quais tipos de distribuições estatísticas estes dados mais se aproximavam. Neste processo os dados foram inseridos no *software Input Analyzer*, ferramenta do *software Arena®*, realizando os testes para aproximação de distribuições, os resultados obtidos podem ser visualizados na tabela 5.

Caixa	Intensidade de Fluxo	Processo	Tipo de Distribuição
CAIXA A	Normal	Chegada	Exponencial
		Atendimento	Lognormal
	Alto	Chegada	Exponencial
		Atendimento	Lognormal
CAIXA B	Normal	Chegada	Exponencial
		Atendimento	Lognormal
	Alto	Chegada	Exponencial
		Atendimento	Weibull

Tabela 5 – Tipos de distribuições identificadas nos processos.

Após a identificação das distribuições estatísticas dos processos de chegadas e atendimento, iniciou-se a criação do modelo virtual de simulação através da utilização do *software FlexSim®*.

Inicialmente foram feitas quatro simulações seguindo os estudos realizados nos caixas A e B, isoladamente, e nas intensidades de fluxo normal e alta, durante o intervalo de uma hora para cada simulação, a fim de se comparar os resultados obtidos nos estudos dos tempos reais e a da simulação. Os resultados destes testes podem ser observados na tabela 6.

Intensidade de Fluxo	Taxa de utilização obtidos com base nos dados do sistema real		Taxa de utilização obtidos através da simulação	
	CAIXA A	CAIXA B	CAIXA A	CAIXA B
Normal	84,55%	93%	83,6%	87,4%
Alto	86,71%	97,37%	83,5%	94,5%

Tabela 6 – Comparação das taxas de utilização através da análise dos sistemas real e do que foi obtido por meio da simulação.

O que se identifica a partir deste estudo prévio é que os resultados obtidos nas simulações, referentes as taxas de utilização, se assemelham aos identificados no estudo do sistema real, possibilitando a comparação por semelhança de comportamento entre o modelo e o sistema real.

Primeiramente, simulou-se o sistema com fluxo de clientes em nível normal estando todos os caixas em operação, sendo este o primeiro cenário, conforme pode ser observado na figura 1.

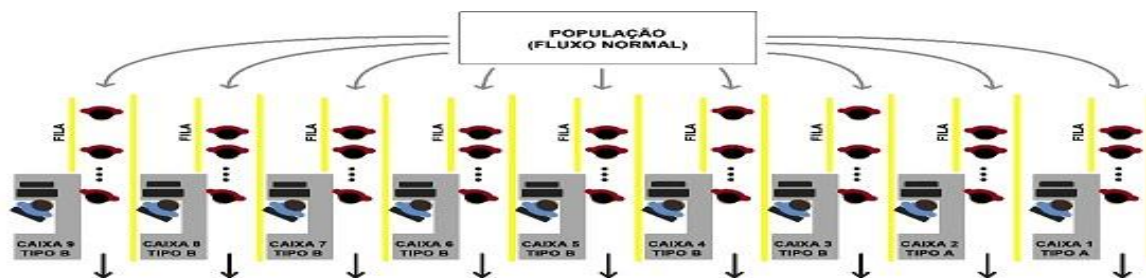


Figura 1 – Representação gráfica do cenário 1.

Os dados obtidos por meio da simulação do cenário 1 podem ser visualizados na figura 2.

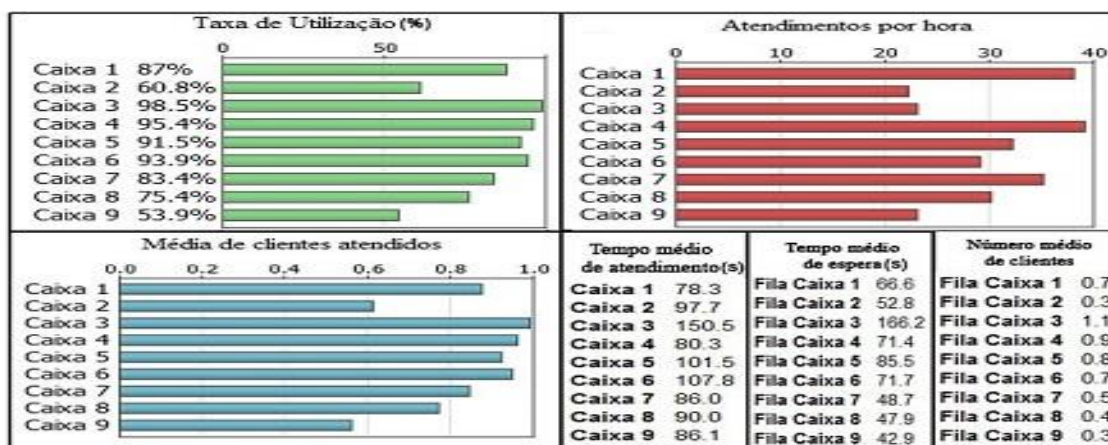


Figura 2 – Dados gerados na simulação com todos os caixas em operação com fluxo normal.

Ao analisar os resultados do primeiro cenário simulado, verifica-se que o sistema encontra-se em condições de atender as demandas, visto que a média de clientes por fila encontra-se em sua maioria abaixo de um cliente, denotando assim, a existência de poucas filas, apresentando tempos de espera na fila e tempos de atendimento normais. No entanto, a análise das taxas de utilização, atendimento por hora e média de clientes atendidos, denota que o sistema está desbalanceado, ou seja, existem caixas apresentando maior ociosidade enquanto outros estão sobrecarregados.

Em seguida, foi construído o segundo cenário, o qual consiste da utilização de apenas um caixa do tipo caixa A, e quatro caixas do tipo caixa B, em fluxo normal, só que neste cenário o processo de atendimento ocorrerá por fila única com múltiplos servidores. A figura 3 apresenta uma representação gráfica deste cenário.

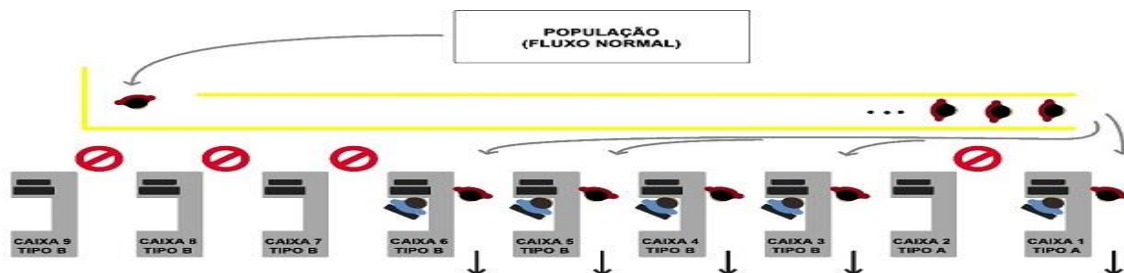


Figura 3 – Representação gráfica do cenário 2.

Realizada a simulação do cenário 2 obtiveram-se os seguintes resultados da simulação que podem ser observados na figura 4.

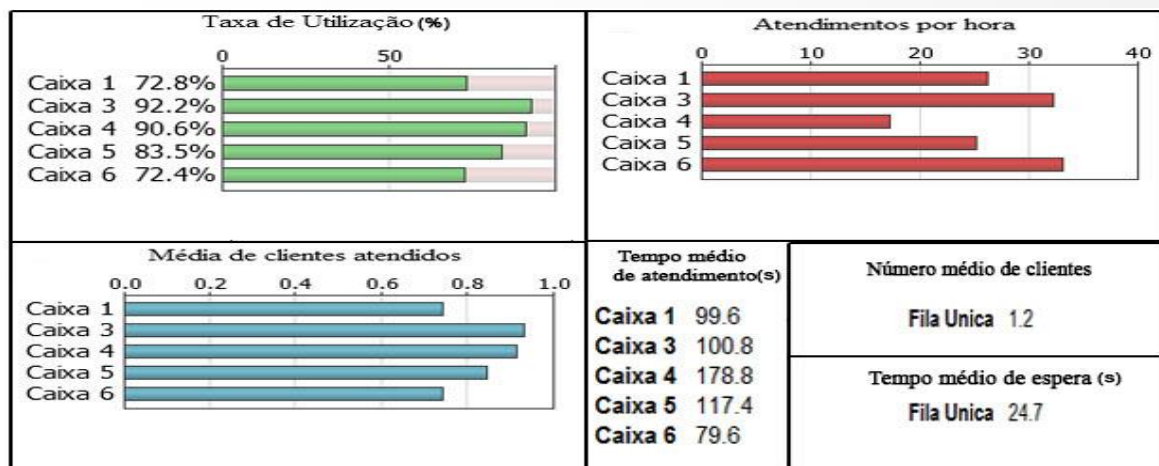


Figura 4 – dados gerados na simulação com um caixa A e quatro caixas B em operação, em fluxo normal e fila única (cenário 2).

O estudo dos dados gerados para o segundo cenário nos permite identificar que o mesmo também é capaz de atender a demanda de clientes, visto que o número médio de clientes na fila encontra-se muito próximo do número encontrado no cenário anterior, e também um tempo de atendimento normal. No entanto, este cenário se diferencia dos demais por apresentar um tempo médio de espera na fila reduzido. Este cenário também proporciona um melhor balanceamento do sistema, visto que a ociosidade apresentada pelos servidores expõe menor discrepância, como pode ser visto nos dados referentes as taxas de utilização, atendimentos por hora e média de clientes atendidos.

O terceiro cenário simulado objetivou estudar as características do sistema real em fluxo alto, desse modo o modelo estabelecido apresenta todos os caixas em operação, como pode ser observado em sua representação gráfica na figura 5.

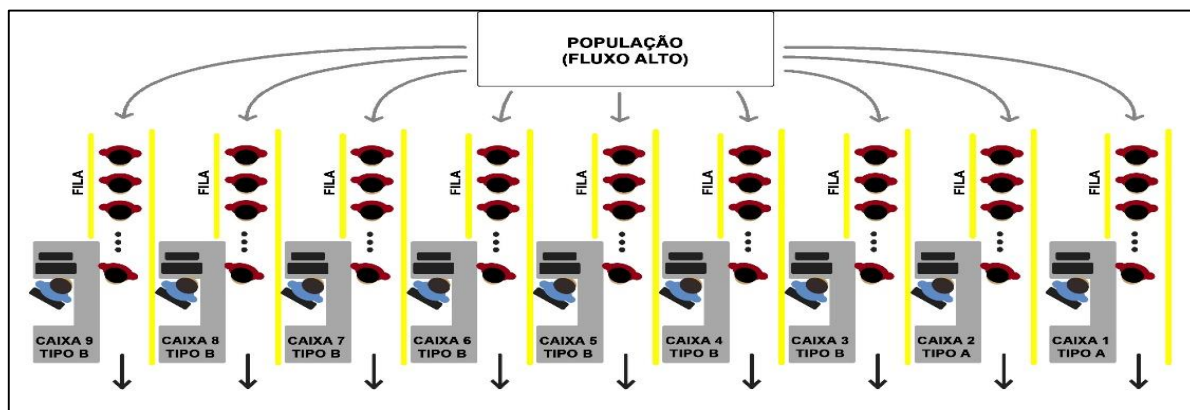


Figura 5 – Representação gráfica do cenário 3.

Os resultados adquiridos por meio da simulação do cenário 3 são apresentados na figura 6.

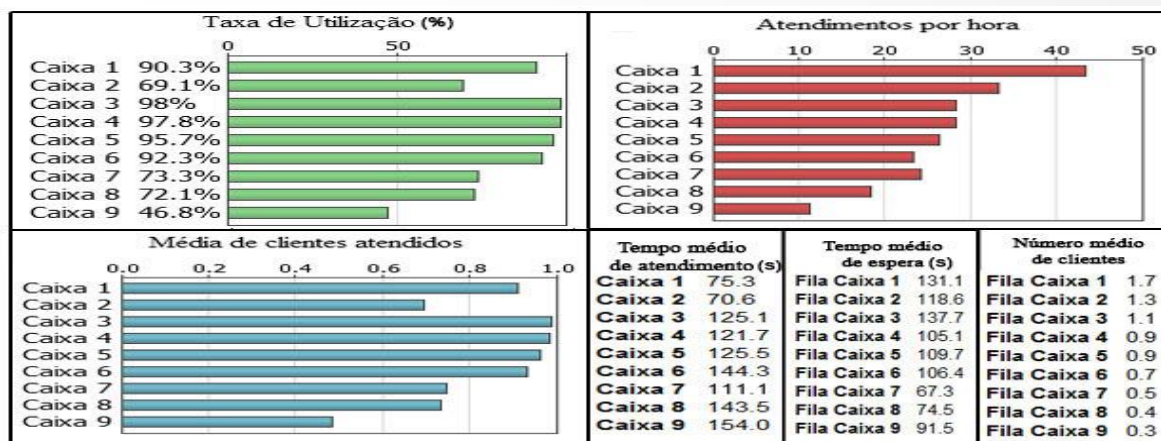


Figura 6 – Dados gerados na simulação com todos os caixas em operação com fluxo alto (cenário 3).

Observando os dados gerados na simulação do terceiro cenário, identifica-se através do número médio de clientes nas filas que o sistema está atendendo as demandas, no entanto, os tempos de atendimento e de espera na fila são maiores. Verifica-se também o fato de que a maior parte dos caixas em operação encontram-se sobrecarregados, como pode ser visto nos dados referentes a taxa de utilização, atendimentos por hora e média de clientes atendidos.

Passou-se então para a simulação do quarto e último cenário, o qual considera todos os caixas em operação com processo de atendimento realizado por fila única, fluxo alto e com múltiplos servidores. Uma representação gráfica do cenário 4 pode ser visualizada na figura 7.

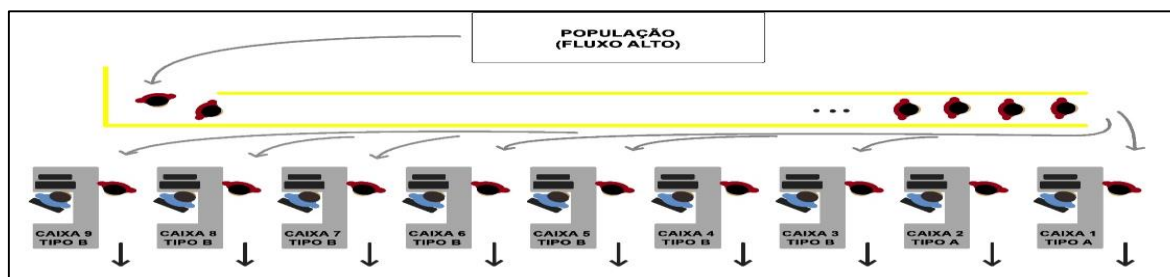


Figura 7 – Representação gráfica do cenário 4.

Os dados obtidos por meio da simulação do cenário 4 podem ser observados na figura 8.

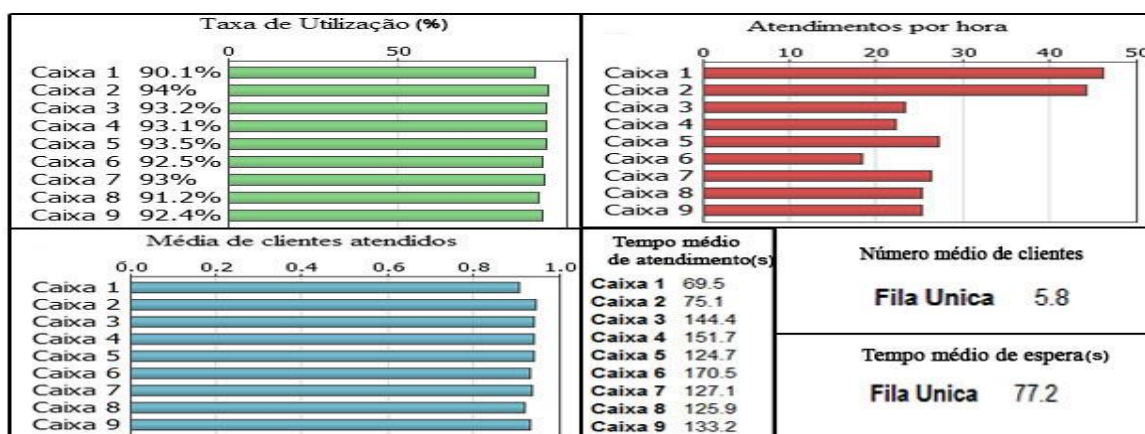


Figura 8 – Dados gerados na simulação com todos os caixas em operação, com fluxo alto e fila única (cenário 4).

Analisando os dados da simulação do quarto cenário, indentifica-se inicialmente que este apresenta um maior número médio de clientes na fila devido ao alto fluxo de clientes, enquanto a fila única também proporciona a redução do tempo médio de espera na fila, conclui-se que o tempo de permanência do cliente no sistema será também reduzido. Quanto ao balanceamento

do sistema, verifica-se pelos dados referentes a taxa de atendimento, atendimento por hora e média de clientes atendidos que este cenário não apresenta grandes discrepâncias quanto aos tempos ociosos, no entanto verifica-se que os servidores estão operando durante todo o tempo sobre altas taxas de utilização.

Comparando-se os cenários 1 e 2 (que possuem a mesma característica de fluxo - fluxo normal), verificamos que o cenário 2 possui os melhores resultados referentes ao tempo de permanência nas filas apresentando uma redução de aproximadamente 66% no qual o tempo médio de permanência em fila no cenário 1 é de 72,6 segundos e o do cenário 2 é de apenas 24,7 segundos. Verifica-se também que o cenário 2 apresenta uma melhora em relação ao balanceamento dos caixas, devido ao menor desvio padrão das taxas de utilização, enquanto o cenário 1 apresenta um desvio padrão de 15,8% o cenário 2 possui um desvio padrão de 9,4% na taxa de utilização. Quanto ao número de clientes na fila, o cenário 2 apresenta um número maior que o cenário 1, mas ainda aceitável para o seu tipo de processo de atendimento, e por último, seu tempo de atendimento também é relativamente maior que os do primeiro cenário, o que poderia ser um problema em relação ao tempo total de permanência no sistema não fossem as melhoras alcançadas nos tempos de espera na fila.

Comparando-se os cenários 3 e 4 que também possuem a mesma característica de fluxo (fluxo alto), verifica-se que o cenário 4 possibilitou uma redução dos tempos de espera na fila, onde se obteve uma melhoria de aproximadamente 26,2% em relação as médias dos tempos de permanência em filas do cenário 3, sendo esse média de tempo de espera nas filas de 77,2 segundos para o cenário 4 e de 104,7 segundos para o cenário 3. O cenário 4 também apresenta resultados satisfatórios em relação ao balanceamento dos servidores, visto que este apresenta um desvio padrão das taxas de utilização consideravelmente menor que o apresentado no cenário 3, sendo de 17,5% para o cenário 3 e de apenas 1,2% para o cenário 4. Verifica-se que o número médio de clientes na fila no cenário 4 é relativamente maior que no cenário 3, no entanto, como já foi dito, este resultado é aceitável devido ao seu tipo de processo de atendimento e ao tipo de fluxo. Se considerado o tempo médio de permanência no sistema verifica-se que o cenário 4 apresenta valores menores que o cenário 3 mas com diferenças pouco acentuadas.

5. Conclusão

Ao se simular o sistema estudado, identificou-se que seu comportamento durante os níveis normais de fluxo está sendo capazes de atender a demanda, validando a capacidade do sistema. Considerando o fato de que durante este tipo de fluxo o número de servidores se adapta dependendo da demanda, buscou-se então analisar o comportamento do sistema caso todos os servidores permanecessem em operação, resultando na verificação de que este cenário seria inviável devido à alta ociosidade de alguns servidores.

Concluiu-se então, coma análise de um segundo cenário, que a existência de cinco caixas durante os fluxos normais estaria adequada a demanda, mas que a opção por um sistema de filas único para todos os caixas proporcionaria um melhor balanceamento das atividades, resultando assim num melhor aproveitamento da capacidade produtiva, ou de atendimento e uma redução do tempo de espera em fila.

Em relação aos fluxos de nível alto, identificou-se na simulação do terceiro cenário que o mesmo apresentava valores elevados dos tempos de atendimento e de permanência na fila pelos clientes, bem como o desbalanceamento do sistema, evidenciando a necessidade de adequações no mesmo. De modo que a simulação do quarto cenário, onde o sistema foi adaptado por uma fila única com operação de todos os caixas, permitiu a conclusão de que este estaria

proporcionando uma melhoria para os clientes, visto que apesar de apresentar um número maior de média de clientes nas filas, este modelo iria reduzir o tempo de permanência no sistema. No entanto, apesar de balanceado, o quarto cenário apresentou alta taxa de utilização de todos os servidores, indicando a possibilidade dos caixas operarem sobrecarregados, e assim necessitando de mudanças na quantidade de servidores, as quais talvez o layout atual do estabelecimento não permitiria.

Por fim, pode-se identificar que o estudo sob a perspectiva da teoria das filas proporcionou o entendimento dos elementos relevantes destes sistemas, e também a obtenção de informações consideráveis sobre os mesmos, as quais servem de apoio para tomada de decisões quanto a operação destes sistemas.

6. Referências

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H.; *Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ABEPRO. *Áreas e subáreas da engenharia de produção*. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&s=1&c=362>>. Acesso em: 15 Jul. 2015;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SUPERMERCADOS –ABRAS. *Economia e pesquisa*. Disponível em: <<http://www.abrasnet.com.br/economia-e-pesquisa/ranking-abras/os-numeros-do-setor/>>. Acesso em: 18 Jul. 2015;

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C.A.; *Administração da produção: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011;

FLEXSIM,; *O software de simulação*. Disponível em: < <https://www.flexsim.com/pt/flexsim/>>. Acesso em: 19 Ago. 2015.

FREITAS, P.; *Introdução à modelagem e simulação de sistemas – com aplicações em arena*. Florianópolis: Visual Books Ltda, 2001;

GAITHER, N.; FRAZIER, G.; *Administração da produção e operações*. 8 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2002;

MARINS, F.A.S.; *Introdução a pesquisa operacional*. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2011. Disponível em: <http://www.cairu.br/biblioteca/arquivos/Ciencia/Introducao_pesquisa_operacional.pdf>. Acesso em: 22 Jul. 2015;

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P.; *Administração da produção*. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2005;

MENDES, K.C.S.; *Gestão da capacidade e demanda no varejo: um estudo realizado em uma empresa supermercadista de Belo Horizonte*. Belo Horizonte: UNI-BH, 2009. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/producao-academica/gestao-da-capacidade-e-da-demanda-no-varejo-um-estudo-realizado-em-uma-empresa-supermercadista-de-belo-horizonte/5116/download/>> Acesso em: 22 Jul. 2015;

MORAES, F.G.; SILVA, G.F.; REZENDE, T.A.; *Introdução a teoria das filas*. Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 2011;

MOREIRA, D.A.; *Pesquisa operacional: curso introdutório*. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010;

PRADO, D.S.; *Teoria das filas e da simulação*. Belo Horizonte: Editora de Gerenciamento Gerencial, 2004;

RABELO, T.F.; *Simulação de uma fila de atendimento em uma agência da previdência social utilizando a metodologia de dinâmica de sistemas*. Juiz de Fora: UFJF, 2007. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2007_3_Fernanda.pdf>. Acesso em: 05 Ago. 2015;

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; *Administração da produção*. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2008;