

# EMPREGO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DO SISTEMA DE FILAS NOS CAIXAS DE UM SUPERMERCADO

**Vander Luiz da Silva (UNESPAR)**  
vander-luiz@hotmail.com

**Ana Paula Kozechen (UNESPAR)**  
paula\_rcd2009@yahoo.com.br

**Jefferson Ferreira (UNESPAR)**  
jefferson\_ferreira@msn.com

**Giovana Defendi de Oliveira (UNESPAR)**  
gio\_defendi@hotmail.com

**Marcia de Fatima Morais (UNESPAR)**  
marciafmorais@yahoo.com.br



*Nos supermercados, a utilização de simulação computacional tem se tornado uma ferramenta importante para o processo de tomada de decisões, pois fornece subsídios aos gestores, auxiliando-os na resolução de problemas reais, e na alocação adequada do número de caixas associado aos menores custos operacionais. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo analisar o sistema de filas nos caixas rápidos de um supermercado, localizado no município de Campo Mourão/PR, empregando a simulação computacional. Para a determinação do tamanho da amostra populacional a ser estudada foram coletados 31 tempos entre chegadas e 31 tempos de atendimentos. Posteriormente, conforme determinado pelo cálculo da amostra, coletaram-se 120 tempos entre chegadas e 120 tempos de atendimentos. A coleta de dados foi realizada em horários de pico, devido ao congestionamento dos caixas rápidos nesse horário. Posteriormente, procedeu-se com a simulação, considerando o funcionamento do sistema com 2, 4, 6 e 8 caixas, respectivamente. Com a pesquisa, foi possível verificar que, ao operar com um número maior de caixas, ocorrerá uma mudança significativa em relação à taxa de utilização, o número de clientes na fila, o tempo de fila e o tempo de atendimento. Com base nos resultados, recomenda-se a utilização de 4 caixas. No entanto, tendo em vista que o estudo foi realizado considerando uma amostra populacional mínima, sugere-se a realização de estudos complementares, com o propósito de avaliar o sistema de filas utilizando um tamanho maior de amostra.*

*Palavras-chave: Pesquisa Operacional. Sistema de filas. Simulação Computacional. Supermercado.*

## 1. Introdução

No contexto das Grandes Áreas de Engenharia de Produção, estabelecidas pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2008), o presente estudo encontra-se inserido na Área de Pesquisa Operacional, Subárea de Modelagem, Simulação e Otimização.

A Pesquisa Operacional é uma abordagem científica para tomada de decisões, seu objetivo é determinar como melhor projetar e operar um sistema, utilizando modelos matemáticos (ARENALES *et al.*, 2011), enquanto a Simulação permite transcrever o funcionamento de um sistema real, admitindo montar um modelo que melhor represente o sistema em estudo (PRADO, 1999).

A simulação pode ser utilizada em diferentes locais e nas áreas mais diversificadas no mundo atual, tanto na produção, quanto na manufatura. Dentre os setores de aplicações da simulação, Prado (1999) destaca supermercados, bancos e escritórios. Nos supermercados, em decorrência do elevado fluxo de pessoas, muitos dos clientes permanecem longos períodos de tempo para o atendimento nos caixas, o que implica em desconforto e redução da demanda (SAMPAIO; OLIVEIRA, 2013).

Morabito e Lima (2000) destacam que, em supermercados, um dos problemas enfrentados é como reduzir o tamanho das filas nos caixas de atendimento, alocando o número adequado de caixas associado aos menores custos operacionais do sistema. Assim, a simulação em supermercados pode ser empregada para “dimensionar o número de caixas de modo que as filas se mantenham abaixo de um valor especificado” como também, “avaliar o uso de caixas especiais tais como caixas rápidos” (PRADO, 1999, p. 19).

Diante do exposto, o trabalho aqui apresentado teve como objetivo empregar a simulação computacional para analisar o comportamento do sistema de filas nos caixas rápidos de um supermercado, situado na cidade de Campo Mourão/PR. Para a modelagem e simulação do sistema de filas dos caixas rápidos do supermercado, cujos propósitos foram apenas acadêmicos, foi utilizada a versão *Training/Evaluation Mode* do *Software Arena®* versão 14.0 da *Rockwell Software*.

O presente artigo está estruturado em sete seções. Primeiramente, a contextualização e o objetivo da pesquisa são apresentados. A fundamentação teórica, a revisão de literatura e metodologia são detalhadas nas seções 2, 3 e 4, respectivamente. Posteriormente, na seção 5 a

modelagem e simulação do sistema de filas nos caixas rápidos do supermercado são apresentadas, e na seção 6 os resultados e discussões são explicitados. Por fim, encontram-se as considerações finais, seguida das referências bibliográficas utilizadas.

## **2. Fundamentação teórica**

### **2.1. Sistemas de filas**

De forma geral um sistema de filas é composto por elementos que querem ser atendidos e por um posto de serviço que eventualmente deve esperar até que este posto esteja livre (ANDRADE, 2009). Em outras palavras, um sistema de filas é um processo de nascimento-morte com uma população composta de usuários esperando para serem atendidos e sendo atendidos, entretanto um nascimento ocorre quando um usuário chega ao estabelecimento de prestação de serviços, uma morte ocorre quando um usuário deixa este estabelecimento (BRONSON, 1985; TAHA, 2008).

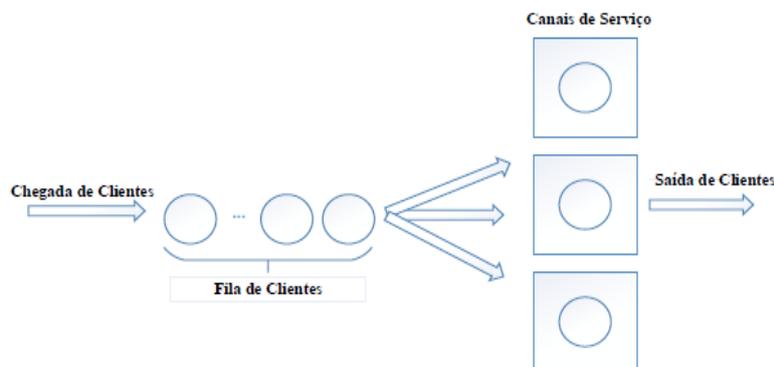
Estudos de Filas tratam de problemas de congestionamento de sistemas, onde a característica principal é a presença do cliente em busca de serviços (ANDRADE, 2009). O estudo de filas, segundo Taha (2008) visa quantificar o fenômeno da espera em filas usando medidas representativas de desempenho como o tamanho médio de uma fila, o tempo médio de espera em fila e a taxa média de utilização das instalações.

O estudo de filas de espera iniciou-se no século XX, pelo matemático dinamarquês Agner Krarup Erlang, que buscou em seu trabalho estudar o problema das redes de telefones (PEREIRA, 2009). De acordo com Andrade (2009), na análise dos problemas de filas devem ser considerados quatro fatores, pois esses podem interferir diretamente no sistema estudado, conforme segue:

- i) Forma de atendimento: as instalações de atendimento são constituídas por pessoal e equipamentos necessários para executar um serviço para o cliente (KRAJEWSKI; RITZMAN, 2004). De acordo com Andrade (2009), alguns fatores podem influenciar o desempenho dos atendimentos, como o dimensionamento da capacidade, o treinamento dos atendentes, as rotinas administrativas e os sistemas de informação;

- ii) Modo de chegada: as chegadas dos clientes no sistema ocorrem de modo aleatório, ou seja, o número de clientes que chegam por unidade de tempo varia conforme o acaso (ANDRADE, 2009);
- iii) Disciplina da fila: a disciplina da fila refere-se à ordem que os clientes serão atendidos, e é considerado um importante fator na análise de modelos de filas (TAHA, 2008). Neste contexto, o atendimento pode ocorrer conforme segue: i) por ordem de chegada, ou seja, o primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido (FIFO - *First In First Out*); ii) por ordem inversa de chegada, isto é, o último a chegar é o primeiro a ser atendido (LIFO - *Last In First Out*), ou; iii) por prioridade de classes, como idosos e gestantes (ANDRADE, 2009);
- iv) Estrutura do sistema: a estrutura do sistema pode ser caracterizada por uma fila e um canal, uma fila e múltiplos canais, ou sistema complexo de filas e canais (ANDRADE, 2009). O sistema de uma fila e múltiplos canais, considerado neste estudo, consiste em vários atendentes e uma única fila (Figura 1), implicando em diferentes tempos de atendimento, dedicados a cada cliente (CHASE, JACOBS & AQUILANO, 2004).

Figura 1 – Sistema de canais múltiplos e fase única



Fonte: Andrade (2009)

## 2.2. Simulação computacional

Com o surgimento do computador na década de 50, a modelagem de filas pode ser analisada pelo ângulo da simulação, de modo a reproduzir o funcionamento do sistema real (PARREIRA JÚNIOR, 2010). Na área de modelagem e simulação, de acordo Sampaio e Oliveira (2013) e Parreira Júnior (2010) os softwares mais conhecidos e utilizados são:

Automod, Micro Saint, Taylor, Gpss, Gasp, Simscrip, Siman, Witness, Arena, SimPy e Promodel. Neste trabalho foi utilizada a versão *Training/Evaluation Mode* do *Software Arena*® versão 14.0 da *Rockwell Software*.

A simulação computacional vem demonstrando ser uma ferramenta indispensável no desenvolvimento de sistemas e na análise de problemas reais (ARAGÃO, 2011), apresentando vantagens e desvantagens.

Dias (2001) menciona as seguintes vantagens da simulação computacional: i) aplicabilidade para análise de problemas complexos, que não podem ser resolvidos por técnicas tradicionais de gestão de operações; ii) é flexível com relação às limitações impostas aos modelos, e; iii) permite a análise de longos períodos reais em um curto intervalo de tempo.

Quanto às desvantagens da simulação, Frigeri, Bianchi e Backes (2007), citam: i) a complexidade dos modelos de simulação, e; ii) necessidade de potentes equipamentos de *software* e *hardware* para realização de simulação.

### 2.2.1. *Software* Arena

O *software* Arena tem por finalidade simular sistemas a eventos discretos, como manufaturas e serviços, e nele define-se o modelo do processo que se deseja estudar, utilizando a interface gráfica e planilhas auxiliares (CASTRUCCI, 2005). O *software* apresenta um ambiente gráfico integrado de simulação, que dispõe de todos os recursos para modelagem, animação, análise estatística e de resultados, e utiliza a abordagem por processos para execução da simulação (SILVA; PINTO; SUBRAMANIAN, 2007).

O diferencial do *Software* Arena é a tecnologia utilizada, ou seja, os módulos, definidos como “uma coleção de objetos/ferramentas de modelagem, que permitem ao usuário, descrever o comportamento do processo em análise, através de respostas às perguntas pré-elaboradas de maneira visual e interativa” (PARAGON, 2006 apud SILVEIRA, SILVA e BELARMINO, 2006, p. 33). A programação no *Software* Arena é baseada na utilização dos módulos, que após a devida interligação e configuração, constitui a lógica do modelo (FERNANDES, 2012).

Conforme Fernandes (2012) existem oito módulos básicos de fluxogramas, conforme segue:

- i) *Create*: consiste no ponto de partida (entrada) para as entidades em um modelo de simulação;
- ii) *Dispose*: consiste no ponto final (saída) para as entidades em um modelo de simulação;
- iii) *Process*: destina-se ao processamento de entidades na simulação;
- iv) *Decide*: representa uma ramificação no fluxo do processo, permitindo a tomada de decisões baseadas em uma ou mais condições;
- v) *Batch*: destina-se ao agrupamento temporário ou permanente de entidades, ou seja, consiste na formação de lotes;
- vi) *Separate*: é empregado para separar uma entidade que se encontra agrupada em lotes;
- vii) *Assign*: é responsável por atribuir valores às variáveis, atributos de entidades ou outras variáveis do sistema;
- viii) *Record*: permite coletar dados estatísticos do modelo de simulação.

Além dos módulos de fluxograma, de acordo com Fernandes (2012) existem sete blocos básicos para os módulos de dados, conforme segue:

- i) *Attribute*: permite definir o atributo adequado para o modelo a ser simulado;
- ii) *Entity*: define os tipos de entidades existentes e seus respectivos valores de imagem inicial em uma simulação;
- iii) *Queue*: é utilizado para alterar a regra de prioridade de uma fila de atendimento;
- iv) *Resource*: define os recursos disponíveis no sistema, incluindo informações de custos;
- v) *Variable*: define as dimensões de uma variável;
- vi) *Schedule*: ao ser utilizado em conjunto com o módulo *Resource*, define um esquema de exploração de recursos;
- vii) *Set*: define os conjuntos de recursos, tipo de entidade e imagem de entidade.

De acordo com Prado (1999) e Silveira, Silva e Berlamino (2006), o *Software Arena*, possui ferramentas muito úteis, tais como: Analisador de dados de entrada (*Input Analyser*), Analisador de resultados (*Output Analyser*), Visualizador de Simulação (*Arena Viewer*) e Execução de Lotes (*Scenario Manager*). Dentre os citados, no estudo de aqui apresentado, foi feito uso do *Input Analyser*.

O *Input Analyser* “permite analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles e essa distribuição pode ser incorporada diretamente ao modelo” e o *Output Analyzer* “é uma ferramenta com diversos recursos que permite analisar dados coletados durante a simulação, sendo que esta análise pode ser gráfica, e tem ainda recursos para efetuar importantes comparações estatísticas” (PRADO, 1999, p.26).

Para Pessanha, Rocha Filho e Melo (2011), essas e outras ferramentas do *Software Arena* podem fornecer subsídios para uma análise criteriosa e eficiente, capaz de viabilizar um maior entendimento do sistema real em estudo.

### 3. Revisão de literatura

A revisão de literatura focou-se na busca por trabalhos, realizada no Portal *Capex* e sites especializados em pesquisas. As palavras-chave empregadas para tal busca foram: estudo de filas em supermercados; simulação computacional; sistemas de filas; entre outras.

Morabito e Lima (2000), em seu estudo, aplicaram a teoria de filas para modelar o tempo médio de espera dos clientes nos caixas de um supermercado. Foram coletados os tempos entre chegadas e de atendimentos em cinco caixas normais e dois caixas rápidos, em um período de quatro horas. Posteriormente, os autores determinaram as taxas entre chegada, de atendimento e de utilização dos caixas. Considerando três modelos distintos de sistemas de filas, o modelo *Markoviano* (nele os modelos de fila única e paralelos são analisados como casos particulares), apresentou o tempo médio de espera na fila mais próximo do tempo determinado pela coleta de dados, em ambos os caixas.

Já Doile (2010) optou em seu estudo pela coleta dos tempos entre chegadas e de atendimentos em cinco caixas de um supermercado, em dias e horários de menor e maior fluxo de clientes. Tal autor, utilizando um *software* de simulação, determinou a taxa de utilização, o tamanho médio da fila, o tempo médio de espera na fila, o número médio de clientes no sistema e o tempo médio no sistema. Em seguida, aplicando dois modelos de sistemas de filas, pode-se identificar que o modelo de sistemas de filas paralelos assumiu maior aproximação dos dados.

Sampaio e Oliveira (2013), em um supermercado, realizaram a coleta dos tempos entre chegadas e de atendimentos para caixas normais, preferenciais e rápidos. Utilizando um *software* de simulação, os autores testaram diferentes cenários, de modo a determinar um

número adequado de caixas e, conseqüentemente, reduzir os tempos dos clientes nas filas dos caixas.

Souza *et al.* (2015) buscaram avaliar o comportamento de filas em caixas rápidos de um supermercado, empregando a simulação computacional. Os autores realizaram a coleta dos tempos entre chegada e de atendimentos em dois caixas, nos períodos com maior fluxo de clientes. Posteriormente, utilizando um *software* específico, tornou-se possível simular o funcionamento do sistema operando com dois, três e quatro caixas rápidos, respectivamente, permitindo identificar a viabilidade de implantação de outros caixas rápidos.

Conclui-se que a revisão de literatura contribuiu para com o desenvolvimento deste estudo, possibilitando uma visão mais ampla sobre o presente tema, neste caso, a teoria das filas e suas aplicações em supermercados.

#### 4. Metodologia

O estudo foi realizado no meses de Janeiro e Fevereiro de 2016, em um supermercado localizado no município de Campo Mourão/PR.

O método de abordagem utilizado foi quantitativo. A pesquisa classifica-se, quanto aos fins, como descritiva e explicativa, pois os resultados obtidos por meio de simulação computacional são devidamente detalhados e discutidos. Quanto aos meios, classifica-se, como virtual e bibliográfica, pois foram consultados livros e sites especializados, e estudo de caso, já que uma abordagem teórica foi aplicada em um contexto real.

Para determinar o tamanho da amostra a ser estudada, tornou-se necessário conhecer o desvio populacional, porém, de acordo com Miot (2011), quando tal informação é desconhecida, deve-se realizar um pré-teste com 31 indivíduos e considerar uma estimativa populacional. Para tanto, no dia 29 de janeiro de 2016, utilizando um cronometro digital, foram coletados 31 tempos entre chegadas e 31 tempos de atendimentos (Tabelas 1 e 2, respectivamente), possibilitando a determinação do desvio padrão da variável estudada e assim, calcular o tamanho da amostra.

Tabela 1 – Tempos entre chegadas

Tempos entre chegadas (em segundos)				
56	208	241	23	212
426	45	102	184	372
260	282	174	250	62
62	75	347	45	-
210	217	139	58	-
13	150	338	209	-
425	19	121	129	-

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 2 – Tempos de atendimentos

Tempos de atendimentos (em segundos)				
233	141	291	80	342
79	61	120	166	70
50	121	149	86	234
74	110	102	82	-
164	44	108	125	-
249	75	99	69	-
103	22	52	35	-

Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com Miot (2011), para se calcular o tamanho da amostra (T) de uma população infinita é necessário utilizar a Equação (1) a seguir:

$$T = \left( \frac{Z_{\alpha/2} \cdot S}{E} \right)^2 \quad (1)$$

Onde: T = tamanho da amostra; Z = valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado; S = desvio padrão da variável estudada, e; E = margem de erro máximo de estimativa.

Após determinar o tamanho da amostra, no período de 01 a 03 de fevereiro de 2016, das 17h30min às 19h30 min, foram coletados 120 tempos entre chegadas e 120 tempos de atendimentos.

Os tempos entre chegadas e de atendimentos foram devidamente organizados em uma planilha e, através do *Input Analyzer* do *Software Arena*, foram realizados os testes de

aderência dos dados pelos métodos *Chi-Square Test*, *Kolmogorov-Smirnov Test* e *Corresponding p-value*.

Posteriormente, construiu-se o modelo de simulação na versão *Training/Evaluation Mode* do *Software Arena®* versão 14.0 da *Rockwell Software* e a partir da alimentação do sistema, procedeu-se com a simulação, considerando uma replicação de 7.200 segundos (um período de 2 horas) para cenários com 2, 4, 6 e 8 caixas em operação, respectivamente.

## 5. Modelagem e Simulação Computacional

Para o emprego de simulação computacional no sistema de filas dos caixas do supermercado, foram coletados 120 tempos entre chegadas e 120 tempos de atendimentos, conforme apresentam as Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3 – Tempos entre chegadas nos caixas do supermercado

Tempos entre Chegadas (segundos)							
56	102	62	126	95	35	54	15
426	174	350	133	16	83	161	64
260	347	141	70	145	11	65	56
62	139	324	161	187	93	176	70
210	338	156	72	144	66	120	30
13	121	262	207	35	281	62	68
425	23	123	101	54	91	26	171
208	184	69	78	59	53	19	29
45	250	101	147	178	28	144	48
282	45	131	229	71	151	40	131
75	58	66	463	126	76	184	155
217	209	157	83	185	68	131	86
150	129	20	63	241	51	54	43
19	212	50	125	89	31	146	15
241	372	307	82	50	51	15	55

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 4 – Tempos de atendimentos nos caixas do supermercado

Tempos de Atendimentos (segundos)							
161	70	47	125	147	145	28	58
76	125	209	62	184	60	98	34
94	140	85	75	139	107	90	249
71	134	69	72	272	35	146	144
198	75	68	68	189	150	68	118
227	98	81	227	157	117	197	66
138	130	29	50	258	76	58	70
33	70	146	114	177	188	39	112
70	95	244	89	150	52	277	98
167	140	123	145	92	79	76	166
141	100	226	85	130	49	155	83
119	85	221	130	77	66	46	78
97	117	79	452	107	75	131	179
69	175	84	141	92	48	91	118
55	63	158	88	135	78	115	105

Fonte: Elaborado pelos autores

No *Input Analyzer*, ferramenta disponível no *software* Arena, foram processados os tempos entre chegadas, considerando uma distribuição de probabilidade exponencial e, os tempos de atendimentos, adotando uma distribuição normal. Além disso, utilizou-se a opção *Fit all* do *Input Analyzer*, que indica a distribuição que melhor representa o conjunto de dados coletados. Os resultados fornecidos pelo *Input Analyzer* são apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Distribuições estatísticas, correspondentes aos tempos entre chegadas e de atendimentos

Tempos de chegadas	Tempos de atendimentos	
Distribuição Exponencial	Distribuição Normal	Opção <i>Fit All</i>
<i>Distribution: Exponential</i> <i>Express.: 11+EXPO (115)</i> <i>Square Error: 0.005584</i>	<i>Distribution: Normal</i> <i>Express.: NORM (117, 63,6)</i> <i>Square Error: 0.017969</i>	<i>Distribution: Erlang</i> <i>Express.: 28+ERLA (44.5, 2)</i> <i>Square Error: 0.003441</i>
<i>Chi-Square Test</i> Number of intervals = 5 <i>Degrees of freedom = 3</i> <i>Test Statistic = 2.79</i> <i>Corresp. p-value = 0.439</i>	<i>Chi-Square Test</i> Number of intervals = 5 <i>Degrees of freedom = 2</i> <i>Test Statistic = 11.9</i> <i>Corresp. p-value &lt; 0.005</i>	<i>Chi-Square Test</i> Number of intervals = 5 <i>Degrees of freedom = 2</i> <i>Test Statistic = 1.80</i> <i>Corresp. p-value = 0.425</i>
<i>Kolmogorov-Smirnov Test</i> <i>Test Statistic = 0.104</i> <i>Corresp. p-value = 0.14</i> <i>Data Summary</i> <i>Num. of Date Points = 120</i>	<i>Kolmogorov-Smirnov Test</i> <i>Test Statistic = 0.195</i> <i>Corresp. p-value &lt; 0.01</i> <i>Data Summary</i> <i>Num. of Date Points = 120</i>	<i>Kolmogorov-Smirnov Test</i> <i>Test Statistic = 0.0605</i> <i>Corresp. p-value &gt; 0.15</i> <i>Data Summary</i> <i>Num. of Date Points = 120</i>

Fonte: *Input Analyzer* do *software* Arena 14.0

Para o nível de significância  $\alpha$  de 5%, a aderência dos dados à distribuição estatística pode ser verificada pelos métodos *Chi Square Test* (recomendam-se valores inferiores a 5,99), *Kolmogorov-Smirnov Test* (recomendam-se valores inferiores a 0,1923) e *Corresponding p-value* ( $P$  maior que 0.10 fornece melhor resultado) (FREITAS FILHO, 2001). Tendo como base tais parâmetros, analisando as informações apresentadas na Figura 2, observa-se que para realização de simulação, os tempos entre chegadas aderem a uma distribuição *Exponencial - 11 + EXPO* (115) segundos, e os tempos de atendimentos, a uma distribuição *Erlang - 28 + ERLA* (44.5, 2) segundos.

Como o sistema de filas estudado, consiste em clientes entrando na fila, aguardando caso os caixas estejam ocupados, sendo então atendidos e deixando o sistema, para a modelagem do mesmo no *Software Arena* foram utilizados os módulos de fluxograma *Create*, *Process* e *Dispose*. De modo a representar o sistema em estudo, o módulo *Create* foi denominado Chegada de Clientes, o módulo *Process* foi denominado Atendimento de Clientes e o módulo *Dispose* foi denominado Saída de Clientes conforme ilustrado na Figura 3.

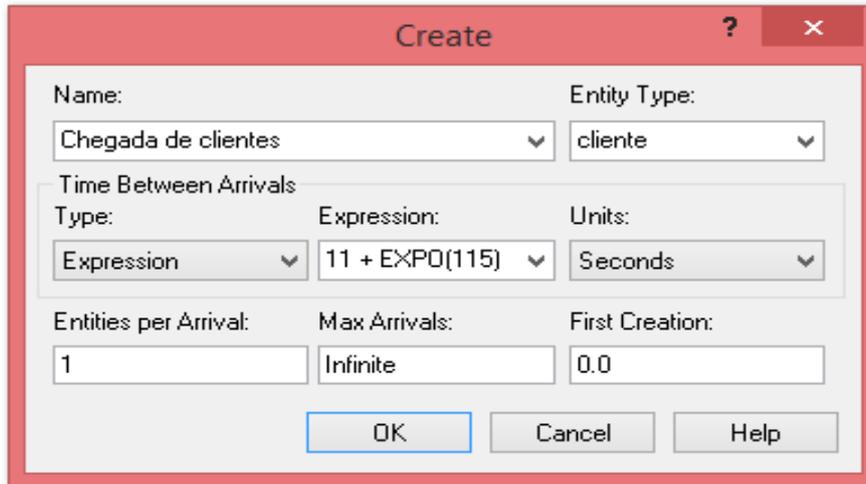
Figura 3 – Representação geral do sistema de filas no supermercado



Fonte: *Software Arena* 14.0

Os módulos *Create*, *Process* e *Dispose* (Figura 3) foram configurados individualmente, conforme demonstrados nas Figuras 4, 5, e 6, respectivamente.

Figura 4 – Configuração do módulo *Create*



The 'Create' dialog box in Arena 14.0 is configured as follows:

Name:		Entity Type:
Chegada de clientes		cliente

Time Between Arrivals

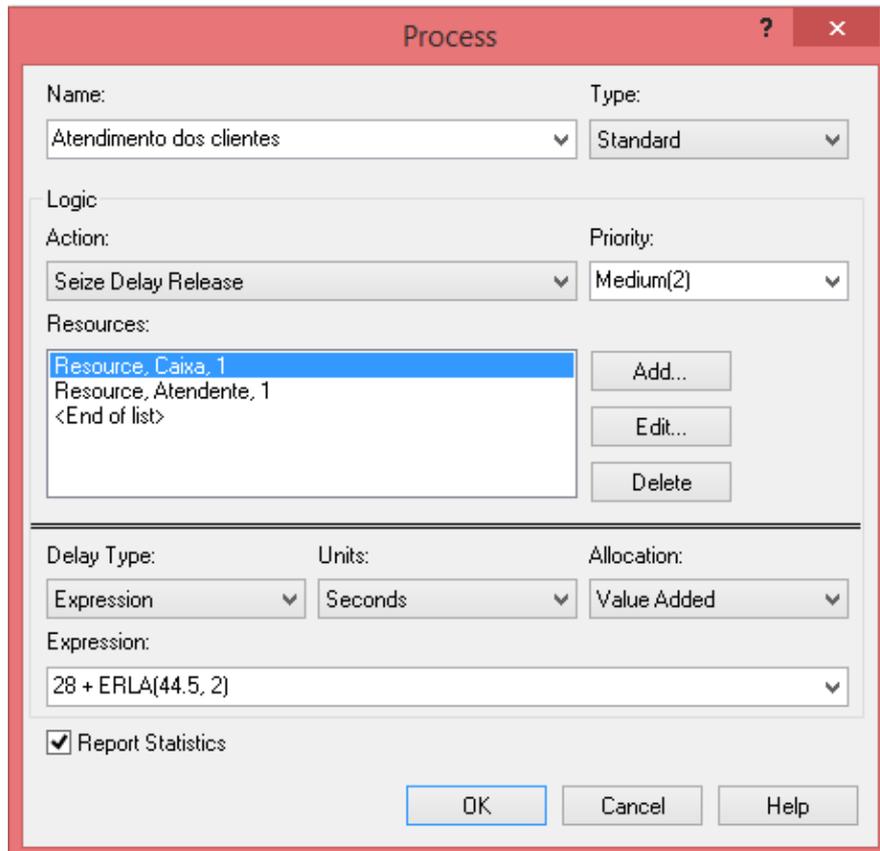
Type:	Expression:	Units:
Expression	11 + EXPO(115)	Seconds

Entities per Arrival: 1      Max Arrivals: Infinite      First Creation: 0.0

Buttons: OK, Cancel, Help

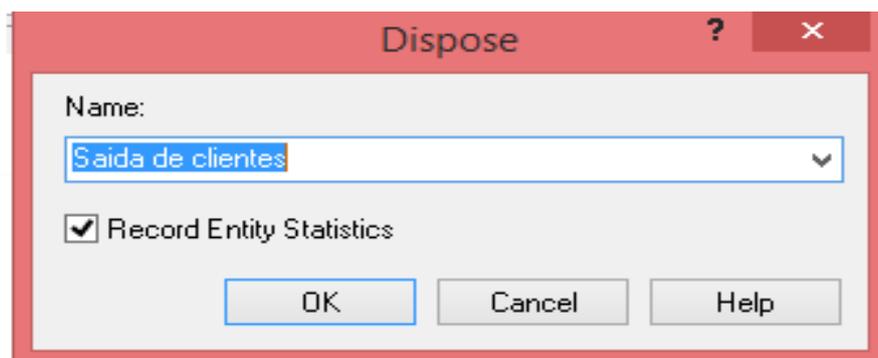
Fonte: Software Arena 14.0

Figura 5 – Configuração do módulo *Process*



Fonte: *Software Arena 14.0*

Figura 6 – Configuração do módulo *Dispose*



Fonte: *Software Arena 14.0*

Além dos módulos de fluxograma anteriormente explicitados, foi utilizado na simulação computacional do sistema de filas do supermercado, o módulo de dados *Resource*, onde foi configurado o número de caixas que o supermercado pode operar. Neste estudo foram considerados 2, 4, 6 e 8, sendo 2 o número mínimo e 8 o número máximo de caixas colocados

em operação no período simulado. A Figura 7 ilustra a configuração do módulo com o funcionamento de 2 caixas.

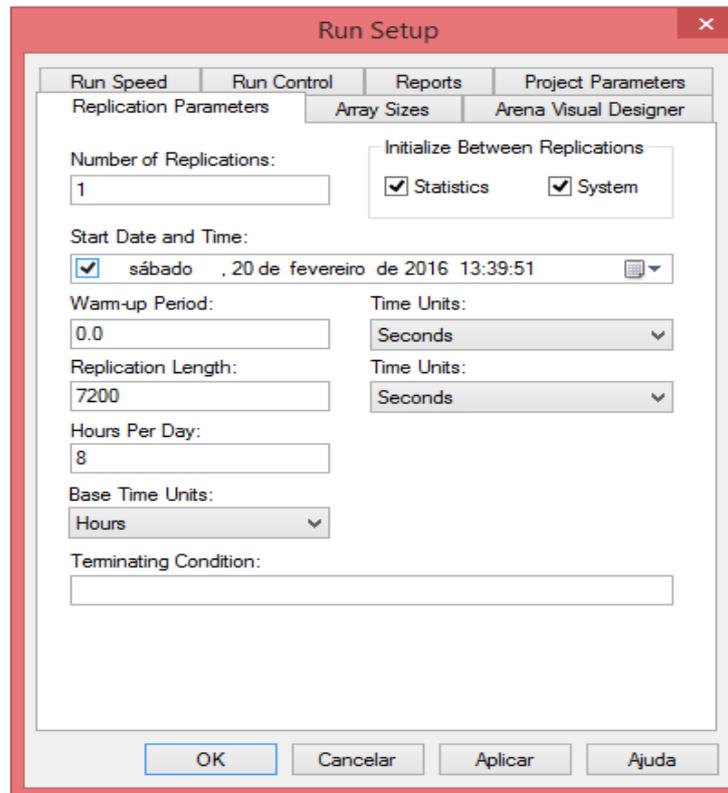
Figura 7 – Configuração do módulo *Resource*

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	Caixa	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
2 ▶	Atendente	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

Fonte: *Software Arena 14.0*

As configurações gerais da simulação, para um período 7200 segundos (2 horas) podem ser visualizadas na Figura 8.

Figura 8 – Configurações Gerais da Simulação



Fonte: *Software Arena 14.0*

## 6. Resultados e Discussões

A Tabela 5 a seguir apresenta as principais informações obtidas pela simulação do sistema, utilizando o *software* Arena, em um período de 7.200 segundos (reaplicação de 2 horas), considerando 2 caixas em funcionamento.

Tabela 5 – Estatísticas da simulação com 2 caixas em operação

<b>Estatísticas</b>
Número de clientes atendidos = 49
Taxa de utilização dos caixas = 43,19%
Tempo médio de fila = 14 segundos
Tempo mínimo de fila = 0 segundo
Tempo máximo de fila = 1 minuto e 70 segundos
Tempo médio de atendimento = 2 minutos e 11 segundos
Tempo mínimo de atendimento = 1 minuto e 16 segundos
Tempo máximo de atendimento = 5 minutos e 35 segundos

Fonte: Relatórios gerados pelo *software* Arena 14.0

Visando avaliar o funcionamento do sistema com 4, 6 e 8 caixas, foram simulados no Arena estes três diferentes cenários (Tabelas 6, 7 e 8, respectivamente).

Tabela 6 – Estatísticas da simulação com 4 caixas em operação

<b>Estatísticas</b>
Número de clientes atendidos = 49
Taxa de utilização dos caixas = 31,30%
Tempo médio de fila = 0 minuto e 0 segundo
Tempo médio de atendimento = 2 minutos e 9 segundos
Tempo mínimo de atendimento = 1 minuto e 16 segundos
Tempo máximo de atendimento = 4 minutos e 55 segundos

Fonte: Relatórios gerados pelo *software* Arena 14.0

Tabela 7 – Estatísticas da simulação com 6 caixas em operação

---

Estadísticas
Número de clientes atendidos = 49
Taxa de utilização dos caixas = 14,20%
Tempo médio de fila = 0 minuto e 0 segundo
Tempo médio de atendimento = 2 minutos e 9 segundos
Tempo mínimo de atendimento = 1 minuto e 16 segundos
Tempo máximo de atendimento = 4 minutos e 55 segundos

---

Fonte: Relatórios gerados pelo *software* Arena 14.0

Tabela 8 – Estatísticas da simulação com 8 caixas em operação

---

Estadísticas
Número de clientes atendidos = 49
Taxa de utilização dos caixas = 10,65%
Tempo médio de fila = 0 minuto e 0 segundo
Tempo médio de atendimento = 2 minutos e 9 segundos
Tempo mínimo de atendimento = 1 minuto e 16 segundos
Tempo máximo de atendimento = 4 minutos e 55 segundos

---

Fonte: Relatórios gerados pelo *software* Arena 14.0

Observa-se que os caixas apresentam ociosidade, tendo em vista que a capacidade de atendimento do sistema não está totalmente sendo utilizada, admitindo uma taxa de utilização em torno de 10%.

A partir das Tabelas 5, 6, 7 e 8, nota-se que conforme o número de caixas disponível é reduzido, a taxa de utilização do sistema aumenta, variando de 10,65% (considerando 8 caixas normais em funcionamento) para 43,19% (considerando 2 caixas em funcionamento). Além disso, o tempo médio de fila e o tempo médio de atendimento são iguais para o sistema operando com 8, 6 e 4 caixas, tendo alterações desses parâmetros apenas quando o sistema opera com 2 caixas. Observa-se também, a formação de filas apenas quando o sistema opera com 2 caixas.

Com base nos resultados, recomenda-se a utilização de 4 caixas, já que com o emprego de dois caixas, o sistema apresenta a formação de filas. Porém, por meio de conversas informais com os funcionários mais experientes do supermercado, observou-se que os dias das coletas apresentaram um menor fluxo de pessoas, o que poderia exigir um número maior de caixas para os atendimentos, em outros períodos do mês.

## 7. Considerações finais

Avaliando o funcionamento do sistema com disponibilidades distintas de caixas (2, 4, 6 e 8), tendo como base as informações obtidas pelas simulações (taxa de utilização, número de clientes na fila, tempo médio de fila e tempo médio de atendimento). Com base nos resultados, recomenda-se ao supermercado a utilização de 4 caixas no horário das 17h30min às 19h30min, evitando-se maiores custos operacionais, já que a formação de filas surge com o emprego de 2 caixas de atendimento.

Tendo em vista que o estudo foi realizado considerando uma amostra populacional mínima de 120 tempos entre chegadas e 120 tempos de atendimentos, sugere-se a realização de estudos complementares, com o propósito de avaliar o sistema de filas utilizando um tamanho maior de amostra, podendo fornecer resultados mais precisos.

## Referências

- ABEPRO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção. **Áreas e subáreas de Engenharia de Produção**, 2008. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/>>. Acesso em: 21 jan. 2016.
- ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: Métodos e modelos para análise de decisões**. 4., ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- ARAGÃO, A. P. **Modelagem e simulação computacional de processos produtivos: o caso da cerâmica vermelha de campos dos Goytacazes**, RJ. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2011.
- CASTRUCCI, P. L. **Modelos computacionais para gestão: princípios e aplicações**. Barueri: Manole, 2005.
- CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Administração da Produção para a Vantagem Competitiva**. 10., ed. Porto Alegre, RS.: Bookman, 2004.
- DIAS, G. P. P. Uso de simulação para dimensionamento e gestão de estoques de peças sobressalentes. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 2., 2001. Guarujá. **Anais...** Guarujá: 2001.
- DOILE, L. F. P. **Teoria de filas: analisando o fluxo de atendimento e o número de atendentes em um supermercado**. 2010. 49 f. Monografia (graduação em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- FERNANDES, A. C. M. **Simulação de Linha de Produção usando a Plataforma Arena**. 2012. 51 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Informática) - Instituto Politécnico de Bragança, 2012.
- FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas**. Florianópolis: Visual Books, 2001.
- FRIGERI, J. A.; BIANCHI, M.; BACKES, R. G. Um estudo sobre o uso das técnicas de simulação no processo de elaboração e execução dos planejamentos estratégico e operacional. **Revista ConTexto**. Porto Alegre, v. 7, n. 12, p.1-24, 2007.
- KRAJEWSKI, LEE J.; RITZMAN, LARRY P.; MALHOTRA, MANOJ K.. **Administração de produção e operações**. 8., edição. São Paulo: Person Prentice Hall, 2004.
- MIOT, A. H. Tamanho da amostra em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**. São Paulo, v. 10, n. 4, p. 275-278, 2011.
- MORABITO, R.; LIMA, F. C. R. Um modelo para analisar o problema de filas em caixas de supermercados: um estudo de caso. **Pesquisa Operacional**, v. 20, n. 1, p. 59-71, 2000.

MORAIS, M. F. **Notas de aula: Simulação de processos**. Universidade Estadual do Paraná - Campus de Campo Mourão/PR: Campo Mourão, 2013.

PARREIRA JÚNIOR, W. M. **Apostila de Modelagem e Avaliação de Desempenho: Teoria das Filas e Simulações**. Universidade de Estado de Minas Gerais: Ituiutaba, 2010.

PEREIRA, C. R. V. **Uma introdução às filas de espera**. 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado em Matemática) – Universidade da Madeira, 2009. Funchal, Portugal.

PESSANHA, A. M. B.; ROCHA FILHO, S. M. D.; MELO, N. A. F. Estudo da aplicação do software arena em um contrato de prestação de serviço de manutenção de instrumentação. **Revista Perspectivas online: exatas e engenharia**. Campos dos Goytacazes, v. 2, n. 1, p.30-53, 2011.

PRADO, D. **Usando o ARENA em simulação**. 3ª Edição. Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial, 1999.

SAMPAIO, P. G. V.; OLIVEIRA, S. D. Estudo de modelagem e simulação de filas num supermercado associado à análise de cenários. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., 2013. Salvador. **Anais...** Salvador: ABEPRO, 2013.

SILVA, L. M. F.; PINTO, M. G.; SUBRAMANIAN, A. Utilizando o software arena como ferramenta de apoio ao ensino em engenharia de produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2007.

SILVEIRA, A. P.; SILVA, C. R.; BELARMINO, D. G. **O Software ARENA**. Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG. Bacharelado em Ciência da Computação. Varginha, 2006. Disponível em:<[http://www.cienciadacomputacao.unis.edu.br/files/2010/10/013\\_Arena.pdf](http://www.cienciadacomputacao.unis.edu.br/files/2010/10/013_Arena.pdf)>. Acesso em: 08 Junho de 2014.

SOUZA, A. C.; TOSONI, L. A.; CANASSA, R. C.; MORAIS, M. F. Estudo de filas em caixas rápidos de um supermercado utilizando simulação computacional. **Revista Latino-America de Inovação e Engenharia de Produção**. Curitiba, v. 3, n. 4, p. 203-221-221, 2015.

TAHA, H. A. **Pesquisa operacional**. 8ª. ed. Rio de Janeiro: Prentice Hall, 2008.