

Um Modelo Para Analisar Filas De Espera Num Centro De Saúde: Um Caso De Estudo “Centro Dream Para Crianças”

Isac Ismael QuenchaneAgyllal⁽¹⁾, Francisco Javier Martín Campo⁽²⁾

⁽¹⁾Departamento de Ciências Básicas, Instituto de Transporte e Comunicações (ISUTC), Maputo, Moçambique.

⁽²⁾Departamento de Estatística e Investigação Operacional, Universidade Complutense de Madrid, Espanha

E-mail de contacto: mail: isacismaelilal@gmail.com

Resumo - Este estudo da analisa a capacidade de um centro de saúde que assiste pessoas vivendo com HIV/SIDA. O principal objetivo é de modelar o sistema do centro de saúde mediante técnicas baseadas na teoria de filas de espera e simulação estatística. A partir de dados coletados em um sistema real, realizadas em três dias de semana (segunda, quarta e sexta-feira), foi feita a modelagem do sistema e o mesmo foi implementado numa planilha eletrónica (SIMUL8). Posteriormente, foram realizados testes estatísticos para ajustar as distribuições de probabilidades alinhadas ao número de chegadas e tempos entre chegadas. Para os casos em que não se ajustaram as distribuições teóricas de probabilidades esperadas, consideraram-se distribuições Empíricas de probabilidades.

Os indicadores calculados a partir da simulação, indicam que as maiores filas encontram-se na Farmácia, gabinete de colecta de sangue e no Magazine. Sendo assim, para minimizar estas enchentes, propõe-se que se aloque mais um farmacêutico, um no gabinete de colecta de sangue e um técnico para o Magazine de modo que as esperas não superem uma hora em cada centro de atendimento. Esta alocação de pessoal de apoio na Farmácia e no Magazine irá diminuir o tempo médio de permanência dum paciente no Centro de Saúde, de 2 horas e 27 minutos para 1 hora e 28 minutos, portanto, o tempo espera diminui 59,9%.

Palavras-chave : Filas de Espera, Centro de Atendimento, Simulação

I. INTRODUÇÃO

O Centro de Saúde, objecto de estudo de filas de espera e simulação, recebe pessoas vivendo com HIV/SIDA, assim como pessoas que necessitam de saber o seu estado serológico tanto por indicação médica ou suspeita de ser portador de HIV/SIDA. Este centro é composto de 6 centros de atendimento, isto é, Gabinete de Aconselhamento (com um técnico), Gabinete de Pré-Consulta (com um técnico), Gabinete de Colecta de Sangue (com dois técnicos de saúde), Gabinete de Consulta Médica (com seis técnicos de saúde e ou médicos), Gabinete de Entrega de Medicamentos (Farmácia, com dois farmacêuticos) e um Gabinete de Entrega de Alimentos (Magazine, com um técnico de saúde alimentar). O esquema do sistema em estudo é ilustrado na figura 1.

A forma como o sistema do centro de atendimento foi concebido torna o sistema de atendimento complexo, havendo, por conseguinte, necessidade de se encontrar alternativas de redimensionamento de forma a minimizar o tempo de es-

pera dos pacientes de modo a evitar o agravamento do desgaste psicológico motivado pela doença.

De acordo com o constatado no Centro de Saúde, os pacientes chegam a permanecer em média pelo menos uma hora a espera para serem atendidos devido por um lado a demanda pelos serviços do Centro de Saúde, e por outro lado devido ao facto de existirem poucos atendedores.

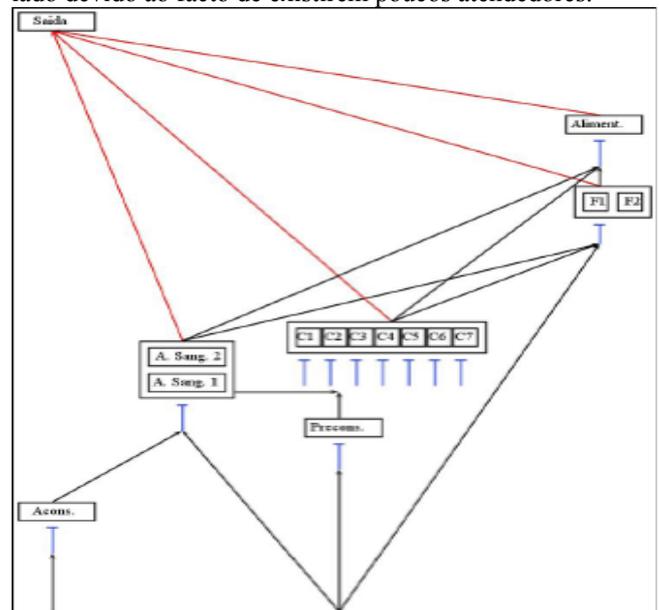


Figura 1 – Esquema do Centro de Saúde (Centro Dream Para Crianças, 2016)

O objectivo central do estudo é de analisar e simular o sistema mediante técnicas baseadas na teoria de filas de espera e simulação estatística, permitindo verificar o dimensionamento do sistema real e encontrar um nível óptimo de alocação de recursos humanos qualificados para poder fazer face à demanda dos serviços oferecidos pelo centro. Este estudo procura trazer alternativas óptimas para minimizar o tempo de espera em gabinetes previamente identificados. O mesmo justifica-se, dado que, para obter a satisfação dos pacientes, entre outros factores, é necessário dimensionar correctamente a capacidade de atendimento no Centro.

II. REVISÃO DA LITERATURA

Com o desenvolvimento da sociedade, fenómenos ligados as filas de espera tornaram-se mais presentes. Este facto levou aque o matemático dinamarquês *Agner Krarup Erlang* se interessasse por problemas relacionados com filas de espera, tendo sido no início do século XX a primeira pessoa a estudar o problema das redes de telefones (ver Tavares, 1996). Foi também durante este século que se desenvolveram as ferramentas de modelação que permitem uma inter-

venção científica quer ao nível do dimensionamento quer ao nível da concessão tecnológica e do funcionamento corrente dos equipamentos que levam à construção de filas de espera. Ainda segundo Tavares (1996), quando se estuda um sistema de filas de espera, o objectivo básico é obter informações básicas sobre a capacidade de serviço que deve ser disponibilizado aos usuários e os custos operacionais envolvidos desde a espera até ao atendimento. Neste caso, dois cenários são possíveis de ocorrer. O primeiro é que a capacidade de serviço pode ser insuficiente, o que resulta em tempos de espera excessivos e como consequência pode implicar custos adicionais por perda de consumidores, assim como ociosidade e insatisfação por parte de quem espera. O segundo cenário é que se a oferta por serviços for grande em relação à procura, pode levar a ociosidade do sistema de atendimento. Logo, pode-se concluir que o foco principal do estudo de um sistema de filas de espera é o de encontrar uma solução para o equilíbrio entre os dois cenários acima apresentados.

A.2 Estrutura de um sistema de filas de espera

A estrutura básica de um sistema de filas de espera é como a seguir se representa no esquema:

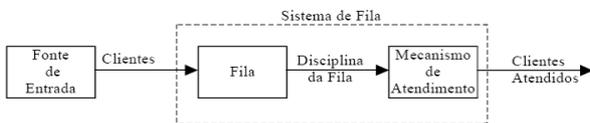


Figura 2 – Representação esquemática de um sistema de fila de espera

Fonte: Adaptado de Tavares (1996)

O esquema representado na figura 2 é um processo básico em que os clientes que necessitam de atendimento chegam ao longo do tempo por uma fonte de entradas. Os mesmos entram no sistema de filas e posicionam-se numa fila. A dada altura, um cliente é seleccionado segundo uma regra chamada disciplina da fila. O mecanismo de atendimento realiza o atendimento do cliente e só depois desta fase o cliente deixa o sistema de filas. Em termos teóricos, uma vez que as chegadas tem distribuição discreta e os tempos entre chegadas e tempos de atendimento têm distribuição contínua, o padrão de chegadas de elementos na fila segue uma distribuição de *Poisson* pois as chegadas no geral são aleatórias e o padrão entre chegadas e tempos de serviços, têm também por hipótese teórica de que seguem uma distribuição *Exponencial*. Todavia, não se descarta a hipótese de que outras distribuições discretas e contínuas se façam presentes. E no caso em que nenhuma das distribuições discretas ou contínuas sejam identificadas, diz-se que tem-se distribuição *Empírica*.

A descrição elementar do sistema de filas de espera, como o que foi acima mostrado, pode parecer relativamente abstracta e aplicável somente a situações práticas muito especiais. No entanto, a combinação de diversas linhas de espera pode resultar num sistema de filas de espera muito mais complexo e surpreendentemente frequentes em ampla gama de contextos, como é o caso do sistema de filas a ser analisado. Neste caso, uma característica exibida pelos sistemas de fila de espera complexos é a incerteza dos dados de entrada pois, não é possível prever exactamente em que instante o usuário irá aceder ao sistema e tão pouco quanto tempo vai durar o seu atendimento. Neste caso, a natureza é

estocástica e o seu funcionamento é descrito como um processo estocástico.

B.2 Simulação Discreta com Base no SMUL8

Segundo Chwif (1999) simulação, embora seja um termo extremamente amplo, pode ser definido como o processo de elaboração de um modelo de um sistema real (ou hipotético) e a condução de experimentos com a finalidade de entender o comportamento de um sistema ou avaliar sua operação.

O uso da simulação em eventos discretos tem múltiplas vantagens. No entanto existem inconvenientes como o tempo necessário para se completar um estudo de simulação que é considerado longo, mesmo com o desenvolvimento actual de *hardware* e *software* de simulação. Assim, acções são tomadas em alguns casos de processos decisórios que dependem de simulações, antes do estudo apropriado de simulação ter sido completado.

Para este estudo, optou-se pelo *software* SIMUL8, que é um programa de simulação discreta. Este programa apresenta características interactivas e gráficas que permitem a modelação gráfica do sistema a simular, desenhando os diagramas de processos das entidades do modelo, recorrendo a diferentes tipos de blocos (actividades, filas de espera e outros) e de arcos orientados que estabelecem o fluxo das entidades ao longo do diagrama.

III. METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Este estudo possui carácter quantitativo, uma vez que utiliza métodos usados para expressar informações numericamente, preocupando-se com a medição objectiva e a quantificação dos resultados. O tipo de abordagem utilizado na pesquisa foi de Pesquisa-Ação, que é um método de pesquisa utilizado em processos de intervenção, no qual o pesquisador não é apenas um observador, mas age para solucionar o problema, além de contribuir para o desenvolvimento do sistema.

O método proposto nesta pesquisa tem como objectivo analisar a capacidade de atendimento de um Centro de Saúde através da simulação de um sistema real, utilizando métodos experimentais, como a simulação devido a complexidade do sistema de filas de espera a estudar.

A.3 Colecta de dados

Sob autorização dos responsáveis do Centro de Saúde, foi feito um levantamento de dados quantitativos, usando-se para tal um questionário previamente desenhado com base nas condições do Centro de Saúde e objectivos do estudo. Uma vez que os pacientes chegam a cada gabinete fila única nos instantes t_1, t_2, \dots, t_n . O tempo entre chegadas é encontrado segundo o critério

$$\tau_i = t_j - t_{j-1} \quad [1]$$

Para tal cada técnico de apoio, médico e enfermeiro, registou a hora de entrada e de saída ao consultório em que cada paciente se dirigia; foi questionado ao paciente se iria para outro consultório (dentro do Centro de Saúde) ou se iria para casa. Para as chegadas ao Centro de Saúde foram também registadas a hora de chegada dos pacientes aos diversos consultórios e número de pacientes que chegaram antes de iniciar o entendimento.

B.3 Tabulação, processamento e análise de dados

Nesta etapa, foi realizada a tabulação de dados, contendo o resumo dos tempos de chegada a cada local de atendimento, os tempos de atendimento e o número de atendidos. Foram realizadas estatísticas descritivas de modo a descrever a informação recolhida, através de histogramas e parâmetros amostrais (média e variância). Foram feitas inferências sobre parâmetros amostrais da população (média e variância) e ajuste da distribuição teórica ao histograma experimental, isto é, escolher uma distribuição teórica que descreva adequadamente o fenómeno.

A análise de dados consistiu em duas fases: a primeira fase foi a de encontrar as distribuições de probabilidades para cada serviço em relação ao número de chegadas, tempos entre chegadas e tempo de serviço com base no pacote informático para análise de dados SPSS. Os testes considerados em SPSS foram os testes não paramétricos de Kolmogorov-Smirnov com correcção de Lilliefors para a verificação do tipo de distribuição probabilidades e o teste para comparação de médias One-WayANOVA.

Para os dados em que as médias dos três dias de recolha de dados foram estatisticamente iguais, considerou-se a média dos tempos (ver fórmula 2). No caso de médias diferentes considerou-se caso a caso.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^3 \bar{X}_i}{3} \quad [2]$$

Foram consideradas também análises descritivas para as distribuições Empíricas e caracterização dos sistemas no geral. A segunda fase consistiu em simular o sistema nas condições de distribuições de probabilidades do sistema real usando o software SIMUL8.

IV. RESULTADOS

Como foi previsto na metodologia de elaboração da pesquisa foram encontradas, com base em análises feitas em SPSS, as distribuições de probabilidades para os diferentes gabinetes do Centro de Saúde, foram encontradas usando o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov, adiante designado de *K – S*, cujos pressupostos inerentes ao teste são:

$$\begin{cases} H_0 : Os\ dados\ seguem\ uma\ distribuição\ de... \\ H_1 : Os\ dados\ não\ seguem\ uma\ distribuição\ de... \end{cases}$$

As validações dos pressupostos foram feitas de acordo com o critério de rejeição / não rejeição¹, considerando-se que a probabilidade de se rejeitar uma hipótese verdadeira é de 5%.

Havendo necessidade de se verificar se os pares de médias para as chegadas, tempos entre chegadas assim como para os tempos de serviços são estatisticamente iguais, fez-se o teste de Fisher para mais de um par de médias, com base nas hipóteses:

$$\begin{cases} H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \\ H_1 : Existe\ pelo\ menos\ um\ par\ de\ médias\ diferentes \end{cases}$$

A.4 Situação real

Os resultados dos testes encontram-se resumidamente apresentados na tabela 1. Nesta tabela, pode se constatar de que nem todos os serviços têm distribuições contínuas de probabilidades conhecidas (Uniforme, Exponencial ou Normal). Para estes casos foi considerada a distribuição Empírica Contínua cujo gráfico de distribuição para o gabinete de colecta de sangue, por exemplo, é representado pela figura 2.

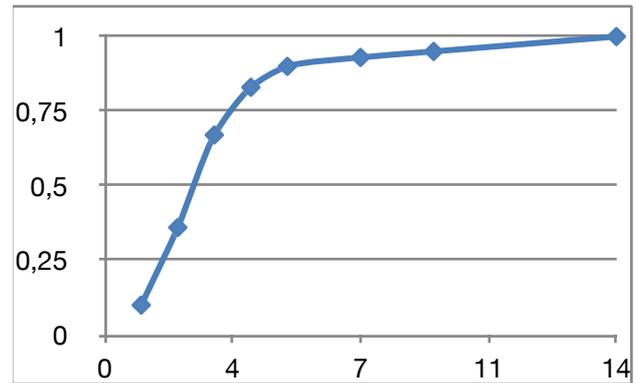


Figura 2 –Função de Distribuição Empírica para tempos de serviço no gabinete de colecta de sangue para o servidor 1 na segunda-feira

Tabela 1– Tabela resumo dos parâmetros do tempo para os diferentes consultórios

Gabinete	(Processo de chegadas)				(Processo de atendimento)	
	Número de chegadas	μ	Tempo entre chegadas	μ	Distribuição	Parâmetro
Aconselhamento	Poisson	02 p/h (0.3 p/min)	Exponencial	30 p/min	Uniforme	tmin: 09 tmax: 52
Colheita de sangue	Colecta 1	Poisson	Exponencial	0.95 p/min	Empírica	4.42
	Colecta 2				Empírica	4.26
Pré-Consulta	Farmácia 1	63 p/h (1.05 p/min)	Exponencial	0.95 p/min	Empírica	1.79 1.26
Farmácia	Farmácia 2	Empírica			2.41 2.07	
Atendimento médico	Consulta 1	Poisson	Exponencial	2 p/min	Empírica	8.83
	Consulta 2				Empírica	11.60
	Consulta 3				Empírica	8.33
	Consulta 4				Empírica	4.95 6.30
	Consulta 5				Empírica	5.93
	Consulta 6				Empírica	5.73
Magazine	Poisson	08 p/h (0.13 p/min)	Exponencial	8 min/p	Empírica	2.04 1.40

4.2 Simulação do modelo

Para simular o modelo proposto, depois de encontrados todos os parâmetros, foi usado o programa de simulação discreta SIMUL8 que apresenta características interactivas e gráficas permitindo a modelação gráfica do sistema a modelar. Foram desenhados os diagramas de processos das entidades do modelo recorrendo para tal aos diferentes tipos

¹ O critério de rejeição / não rejeição diz o seguinte: “ se sig > α , não rejeitar H₀ ”

de blocos (actividades, filas de espera e outros) e de arcos orientados que estabelecem o fluxo das entidades ao longo do diagrama.

Tabela 2 – Número médio de pacientes e tempo médio de pacientes a espera de serem atendidos por cada servidor

	Nº Médio de pacientes na fila			Tempo Médio de Espera (min)		
	Lim. Inf	Média	Lim. Sup	LimInf	Média	LimSup
G. Aconselhamento	1	1	2	29	34	39
G. Pré-Consulta	10	11	11	15	16	17
G. Colecta de Sangue	2	2	2	3	3	3
G. Consulta Médica	36	38	40	44	46	48
Farmácia	114	116	119	120	122	124
Magazine	93	94	96	99	100	101

A simulação do modelo foi feita segundo as regras e critérios inerentes ao SIMUL8. Como foi definido na metodologia do trabalho, o tempo de colecta de dados foi de 360 min (das 7:00 horas às 13:00h). Os resultados, resumidamente apresentados na tabela 2, permitiram ver que serviços com maiores filas de espera.

Os resultados revelaram que o tempo médio que um paciente fica no Centro de Saúde é de 147min, isto é, 2 horas e 27 minutos, podendo levar no mínimo 146 min e no máximo 149 min e o maior nó de estrangulamento, ou por outra, os centros de atendimento em que se verifica maiores enchentes são Farmácia e Magazine.

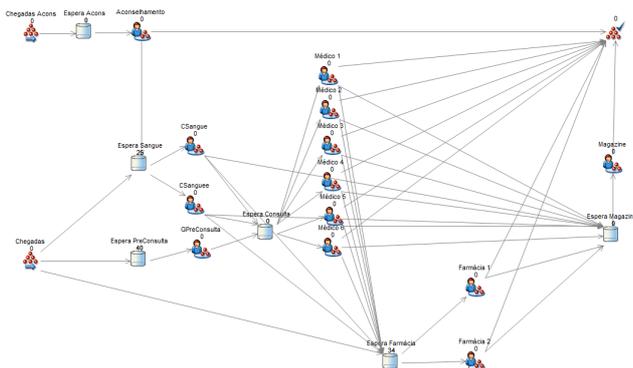


Figura 3 – Simulação do modelo antes de melhorar

Numa primeira tentativa de melhoramento do sistema, colocou-se mais um técnico de farmácia e mais um técnico de apoio no Magazine. O critério usado para as características de distribuição de probabilidades, foi o de se considerar que o técnico de apoio para a Farmácia tivesse em média as mesmas características que as do técnico farmacêutico já lá existente. O mesmo aconteceu para o técnico de apoio ao Magazine. Relativamente à probabilidade do paciente permanecer no sistema ou sair deste, considerou-se 50% para cada (figura 6).

Depois de melhorado o sistema, não só diminui o tempo de espera em cada um dos centros de atendimento (tabela 3). O tempo médio que um paciente passaria no Centro de Saúde diminuiria pelo menos 50%, isto é, um paciente passaria em média 1 hora e 48 minutos.

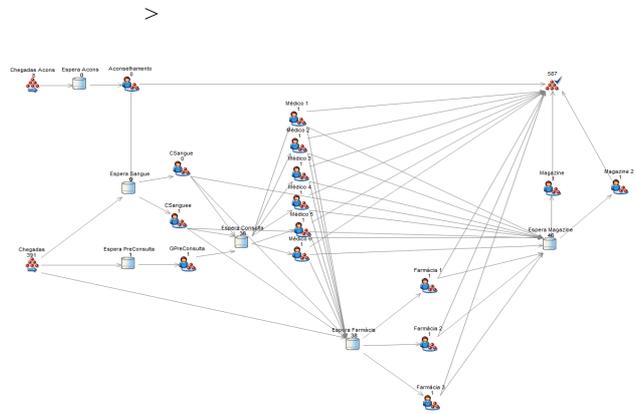


Figura 4 – Sistema do Centro de Saúde melhorado

A tabela 3 apresenta os resultados melhorados com incremento de dois técnicos no sistema, isto é, um técnico na farmácia e um no magazine.

	Nº Médio de pacientes na fila			Tempo Médio de Espera (min)		
	Lim. Inf	Média	Lim. Sup	LimInf	Média	LimSup
G. Aconselhamento	1	1	2	29	34	39
G. Pré-Consulta	10	11	11	15	16	17
G. Colecta de Sangue	2	2	2	3	3	3
G. Consulta Médica	24	26	28	29	31	33
Farmácia	35	38	41	32	35	37
Magazine	22	23	25	17	19	20

Tabela 3 - Número médio de pacientes e tempo médio de pacientes a espera de serem atendidos em cada servidor com incremento de mais um técnico para Farmácia e Magazine

5. CONCLUSÕES

A aplicação da Teoria de Filas de Espera e técnicas de simulação analisadas neste estudo permitiram identificar o desempenho do sistema de fila em gabinetes de atendimento do Centro de Saúde para pessoas vivendo com HIV/SIDA, chegando-se aos seguintes resultados:

- As distribuições de probabilidades que se ajustam ao modelo para o número de chegada foi de *Poisson* e para os tempos entre chegadas foram encontradas distribuições *Exponenciais*. Exceptuando o Gabinete de Aconselhamento, que tem distribuição *Uniforme* para o tempo de serviço, com tempo mínimo 9 min e máximo 52 min, os restantes gabinetes têm distribuição *Empírica*;
- As maiores filas se verificam na Farmácia e no Magazine para entrega de medicamentos e de alimentos, respectivamente. E o local com menos filas de espera é o Gabinete de Colecta de Sangue onde pode-se encontrar em média duas pessoas a espera, esperando em média 3 minutos.
- Partindo do pressuposto de que o tempo óptimo (aceitável) que um paciente pode esperar para ser atendido seja de não mais de uma hora, é suficiente que se aumente um técnico de apoio para a farmacêutico para a Farmácia e um técnico para ajudar a distribuir alimentos no Magazine. Este incremento diminui o tempo médio de permanência dum paciente no Centro de Saúde de 2 horas e 27

minutos para 1 hora e 28 minutos. Contudo isto, o tempo médio de permanência no centro de saúde diminui em cerca de 60%

BIBLIOGRÁFICA

- [1] Chwif, L. (1999). Redução de Modelos de Simulação de Eventos Discretos na sua concepção: Uma Abordagem Causal, Tese de Doutorado. São Paulo.
- [2] Godoy, A. (1995). Introdução a Pesquisas Quantitativas e suas Possibilidades. RAE-Revista de Administração de Empresas. Vol. 35, n. 2, São Paulo.
- [3] Hillier, F. S. e G. J. Lieberman (2000). Introdução à Pesquisa Operacional. 8ª Edição. McGraw-Hill.
- [4] Miyagi, E. Paulo (2006). Introdução a Simulação Discreta. São Paulo, Editora Mecatrônica, disponível em: http://minerva.ufpel.edu.br/~alejandro.martins/dis/2012_2/simulacao/Apostila_Simulacao.pdf, acessado a 5 de Maio de 2014.
- [5] Ríos, D. I., S. I. Ríos, J. J. Martín, A. M. Jiménez (2008). Simulación Métodos y Aplicaciones. 2ª Edición, RA-MA.
- [6] Rosa, R (2008). Aplicação da Teoria das Filas de Espera para Análise da Capacidade: Um Estudo de Caso para uma Agência Bancária. Instituto Cenecista-Fayal de Ensino Superior.
- [7] Rangel, J. J. A.C. Azevedo, A. S. Santos (2010). Um modelo de simulação para análise do fluxo de clientes em uma agência bancária, Brasil. Disponível em: http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg6/anais/T10_0285_1020.pdf, acessado em 12 de Dezembro de 2015.
- [8] Tavares, L. V., R. C. Oliveira, I. H. Themido e F. N. Correia (1996). Investigação Operacional. Lisboa, McGraw-Hill.
- [9] Vitoriano, B (2008). Modelos y métodos de simulación. Universidad Complutense de Madrid
- [10] Yonamine, J. S. G (2006). O sector de CallCenters e Métodos Quantitativos: Uma Aplicação da Simulação. Tese de Mestrado. 130 pp. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: http://184.72.231.112/upload/publicacoes/Juliana_Yonamine.pdf, acessado a 6 de Março de 2014.