

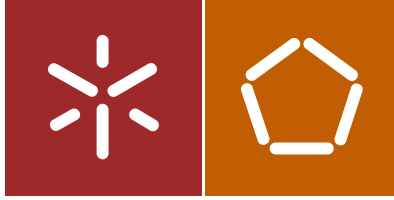


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Diana Vaz Rodrigues | Call Center como forma organizacional de
implementação de serviços de Brokering para empresas virtuais

Diana Vaz Rodrigues

Call Center como forma organizacional de
implementação de serviços de Brokering para
empresas virtuais



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Diana Vaz Rodrigues

Call Center como forma organizacional de
implementação de serviços de Brokering para
empresas virtuais

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor Goran D. Putnik

DECLARAÇÃO

Nome: Diana Vaz Rodrigues

Endereço eletrónico:diana.vaz.rodrigues@gmail.com

Tlm: +351 933801975

Número do Bilhete de Identidade: 13109809

Título da dissertação: Call Center como forma organizacional de implementação de serviços de Brokering para empresas virtuais

Orientador: Prof. Goran D. Putnik

Ano de conclusão: 2015

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

A elaboração desta dissertação não teria sido concretizada sem o contributo de várias pessoas a quem não posso deixar de expressar o meu mais profundo agradecimento.

Em primeiro lugar, quero expressar o meu profundo agradecimento ao meu orientador, Professor Doutor Goran D. Putnik, pelo tempo que dedicou na orientação, pela sua disponibilidade, pelo conhecimento e pelos conselhos transmitidos.

O meu profundo agradecimento à Mestre Cátia Alves, colega de laboratório mas, acima de tudo, amiga. Obrigada pelos conselhos, pela ajuda, pela paciência e pela força transmitida em todos os momentos, assim como ao Engenheiro José Domingos e ao Martim pela amizade e ânimo.

Quero manifestar o meu profundo agradecimento à minha irmã, Sylvie, e aos meus pais, pelo amor, pelo carinho, pela educação, pela amizade, pela disponibilidade, pela paciência nas horas difíceis, pelos sacrifícios realizados, e por nunca terem desistido de acreditar em mim e de que eu seria capaz.

Aos engenheiros José Carlos Costa e Rui Silva, pelo apoio e pela amizade que sempre dispuseram ao longo desta jornada, e pela boa disposição que sempre demonstraram dia após dia.

Por fim, mas não menos importantes, a todos os meus amigos que durante estes anos sempre me apoiaram em todos os momentos.

A todos, muito obrigada!

RESUMO

A evolução dos mercados a nível mundial e a evolução dos produtos tem influenciado as empresas no facto de elas sentirem necessidade de se tornarem mais competitivas. Esta noção de competitividade está directamente ligada com a satisfação do cliente e com o nível de serviço oferecido por uma empresa. Diversas empresas optam por recorrer ao *outsourcing* entregando parte dos seus serviços de forma, a não se desviarem do seu *core business* e a melhorarem o seu nível de serviço.

Esta realidade aproxima-se de um novo tipo de organizações denominadas de empresas virtuais.

Assim, surge também o conceito de rede, onde várias empresas trabalham juntas sem terem contacto direto umas com as outras, mas sim através de um intermediário que agiliza as relações entre elas. Neste sentido, surgiu também o *broker* com o objectivo de agilizar e flexibilizar as relações entre duas ou mais organizações.

O *broker* é geralmente associado a um agente, mas hoje em dia, existem não só *brokers* individuais mas também existem *brokers* colectivos. Desta forma surge esta proposta de dissertação, na qual se pretende estudar o funcionamento de um *call center* como forma organizacional de implementação de serviços de Brokering para empresas virtuais.

Assim, nesta dissertação são apresentados os resultados de várias simulações realizadas, com a combinação de variáveis dependentes, e qual o impacto destas no desempenho de um *call center*, bem como de uma caso de estudo da manufactura.

PALAVRAS-CHAVE

Broker, Serviço de *Brokering*, Empresas Virtuais, *Call Center*, Erlang C

ABSTRACT

The global markets changes and the evolution of the products, impact the enterprises in the way that they feel the need to improve their competitiveness. This competitiveness concept is deeply related with the customer satisfaction and the service level offered by the enterprise.

Several enterprises implement the outsourcing to deliver part of their services, in order to improve the quality and effectiveness of their service level and to keep the focus in their core business.

The Virtual Enterprises are the new type of organizations that approach this new reality.

With this new reality arrives a new concept of network, where several enterprises work together without any direct contact between each other, but thru an intermediary that define and control the relations between them. This intermediary, so-called broker, has the purpose of define, control and drive the relations between the organizations in the network.

Broker is usually linked to an agent (or person), but nowadays, we have not only individual brokers but collective brokers, as well. With this premise it was defined this dissertation theme in which will be studied the call center as an organizational form of implementation of brokering services for virtual enterprises.

In this dissertation, are presented the results of several simulations realized combining dependent variables, and the impact of these variables in the call center performance, as well as in a manufacturing case study.

KEYWORDS

Broker, Brokering Service, Virtual Enterprises, Call Center, Erlang C

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice dos Gráficos.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Índice de Equações.....	xv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivo.....	2
1.3 Estrutura da dissertação.....	3
1.4 Metodologias de investigação.....	3
2. Estado da arte.....	5
2.1 Empresas virtuais.....	5
2.2 Broker.....	5
2.3 <i>Outsourcing</i>	8
2.4 Call center.....	9
2.4.1 Definição de Call Center.....	9
2.4.2 Constituição de um <i>call center</i>	10
2.5 Filas de espera.....	10
2.6 Distribuição de Dados.....	12
2.6.1 Modelos de distribuição.....	12
2.6.2 Distribuição de Poisson.....	12
2.6.3 Modelo de Erlang.....	13
2.6.3.1 Fórmula de Erlang B.....	13
2.6.3.2 Fórmula de Erlang C.....	14
3. Estudo de caso.....	19
3.1 Empresa.....	19
3.2 Análise do caso real.....	20
4. Modelação de Call Center.....	21
4.1 Modelo 1 – Número de agentes fixos.....	21
4.1.1 Número de agentes fixos no valor mínimo.....	21
4.1.2 Número de agentes fixo no valor máximo.....	22
4.2 Modelo 2 – Taxa de chegada fixa.....	22
4.2.1 Taxa de chegada fixa no valor mínimo relativo ao exemplo dos dados reais.....	22
4.2.2 Taxa de chegada fixa no valor máximo relativo ao exemplo dos dados reais.....	23
4.3 Modelo 3 – Previsão para o Tempo de serviço abaixo do tempo real.....	24
4.3.1 Alteração do tempo de chamada para 480 segundos.....	24
4.3.2 Alteração do tempo de chamada para 120 segundos.....	25
5. Discussão dos resultados.....	27
5.1 F1- Nível de serviço.....	27
5.1.1 Relação entre a taxa de chegadas e o número de agentes - $F1=f(1,3)$	27
5.1.2 Relação entre taxa de chegadas e o tempo médio de serviço - $F1=f(1,2)$	29
5.1.3 Relação entre a duração média de serviço e o número de agentes - $F1=f(2,3)$	31
5.2 F2- Tempo médio de espera.....	33

5.2.1	Relação entre a taxa de chegadas e o número de agentes - $F2=f(1,3)$	33
5.2.2	Relação entre a taxa de chegadas e a duração média de serviço - $F2=f(1,2)$	34
5.2.3	Relação entre a duração média de serviço e o número de agentes - $F2=f(2,3)$	34
5.3	F3- Taxa de ocupação dos agentes.....	36
5.3.1	Relação entre a taxa de chegadas e o número de agentes - $F3=f(1,3)$	36
5.3.2	Relação entre a taxa de chegadas e a duração média de serviço - $F3=f(1,2)$	37
5.3.3	Relação entre a duração média de serviço e o número de agentes - $F3=f(2,3)$	39
5.4	F4- Intensidade de tráfego.....	40
5.4.1	Relação entre a taxa de chegadas e o número de agentes - $F4=f(1,3)$	40
5.4.2	Relação entre a taxa de chegadas e a duração média de serviço - $F4=f(1,2)$	41
5.4.3	Relação a duração média de serviço e o número de agentes - $F4=f(2,3)$	42
6.	Aplicação de serviços de brokering para Empresas Virtuais e Sistemas de manufactura avançados	45
6.1	F1- Nível de serviço	46
6.2	F2- Tempo médio de espera.....	47
6.3	F3- Taxa de ocupação dos agentes.....	48
6.4	F4- Intensidade de tráfego.....	50
7.	Conclusão	53
	Referências Bibliográficas	55
	Anexo I – Dedução da fórmula de Erlang C I.....	57
	Anexo II – Tabelas usadas no cálculo do nível de serviço.....	59
	Anexo III – Tabelas usadas no cálculo do Tempo médio de espera.....	63
	Anexo IV – Tabelas usadas no cálculo da ocupação do agente	65
	Anexo V – Tabelas usadas no cálculo da intensidade de tráfego.....	69
	Anexo VI – Tabelas usadas no cálculo do nível de serviço no caso de estudo	73
	Anexo VII – Tabelas usadas no cálculo do tempo médio de espera no caso de estudo	75
	Anexo VIII – Tabelas usadas no cálculo do tempo médio de espera no caso de estudo	77
	Anexo IX– Tabelas usadas no cálculo do tempo médio de espera no caso de estudo	81

ÍNDICE DOS GRÁFICOS

Gráfico 1 - Nível de serviço em função do número de agentes e de pequenas variações da taxa de chegada	28
Gráfico 2 - Nível de serviço em função do número de agentes e de grandes variações da taxa de chegada	29
Gráfico 3 - Nível de serviço em função da duração média de operação e pequenas variações da taxa de chegada, para uma média de 50 agentes	30
Gráfico 4 - Nível de serviço em função da duração média de operação e grandes variações da taxa de chegada, para uma média de 50 agentes	30
Gráfico 5 - Nível de serviço em função da duração média de operação e de número pequeno de agentes	31
Gráfico 6 - Nível de serviço em função da duração média de operação e de um elevado número de agentes	32
Gráfico 7 - Tempo médio de espera em função do número de agentes e da variação da taxa de chegada	33
Gráfico 8 - Tempo médio de espera em função do tempo médio de operação e de pequenas variações da taxa de chegada	34
Gráfico 9 - Tempo médio de espera em função do tempo médio de operação e de pequeno número de agentes	35
Gráfico 10 - Tempo médio de espera em função do tempo médio de operação e de um grande número de agentes	35
Gráfico 11 - Ocupação do agente em função do número de agentes e de pequenas variações da taxa de chegadas	36
Gráfico 12 - Ocupação do agente em função do número de agentes e de grandes variações da taxa de chegadas	37
Gráfico 13 - Ocupação do agente em função da duração média de operação e de pequenas variações da taxa da chegada	38
Gráfico 14 - Ocupação do agente em função da duração média de operação e de grandes variações da taxa da chegada	39
Gráfico 15 - Ocupação do agente em função de duração média de operação e do número pequeno de agentes	39
Gráfico 16 - Ocupação do agente em função de duração média de operação e um elevado número de agentes	40
Gráfico 17 - Intensidade de tráfego em função do número de agentes e da pequena variação de taxa de chegadas	41
Gráfico 18 - Intensidade de tráfego em função do número de agentes e da grande variação de taxa de chegada	41
Gráfico 19 - Intensidade de tráfego em função da duração média de operação e da pequena variação da taxa de chegadas	42
Gráfico 20 - Intensidade de tráfego em função da duração média de operação e da grande variação da taxa de chegadas	42
Gráfico 21 - Intensidade de tráfego em função da duração média de operação e do pequeno número de agentes	43
Gráfico 22 - Intensidade de tráfego em função da duração média de operação e do elevado número de agentes	43

Gráfico 23 - Nível de serviço em função da duração média de operação e da variação da taxa de chegada para 50 agentes.....	46
Gráfico 24 - Nível de serviço em função do número de agentes e da variação da taxa de chegada.....	47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre os diferentes tipos de Brokers (Tennyson,2005)	8
Tabela 2 - Apresentação do caso real num dia durante 12 horas de tráfego.....	20
Tabela 3 - Modelação do caso de estudo com o valor mínimo de 25 agentes.....	21
Tabela 4 - Modelação do caso de estudo com o valor máximo de 75 agentes	22
Tabela 5 -Modelação do caso de estudo fixando a taxa de chegada no valor mínimo.....	23
Tabela 6 - Modelação do caso de estudo fixando a taxa de chegada no valor máximo.....	24
Tabela 7 - Modelação do caso de estudo fixando o tempo de chamada em 480 segundos	25
Tabela 8 - Modelação do caso de estudo fixando o tempo de chamada em 120 segundos	26
Tabela 9 - Variáveis independentes e funções variáveis resultantes da fórmula de Erlang.....	27
Tabela 10- Funções e combinações das variáveis independentes para cada função.....	27

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Função de probabilidade da distribuição de Poisson para qualquer valor de λ	12
Equação 2 - Fórmula de Erlang B.....	13
Equação 3 - Fórmula de Erlang C	14
Equação 4 - Fórmula de Erlang C simplificada.....	14
Equação 5 - Cálculo da taxa de chegada.....	15
Equação 6 - Cálculo da intensidade de tráfego.....	15
Equação 7 - Cálculo da ocupação do agente.....	15
Equação 8 - Cálculo do tempo médio de espera	16
Equação 9 - Cálculo para o nível de serviço para um dado instante.....	16

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

CTI - *Computer Telephony Integration*

FCFS – *First Come, First Served*

FIFO – *First In, First Out*

GD – *General Discipline*

IVR – *Interactive Voice Reponse*

LCFS – *Last Come, First Served*

LIFO – *Last In, First Out*

PRI – *Priority*

RR – *Round-Robin*

SIRO – *Select In Random Order*

1. INTRODUÇÃO

No dia-a-dia, as pessoas deparam-se com filas de espera: nos bancos, no café, restaurantes, lojas, autocarro, estação de comboio, etc.

As filas de espera ocorrem também em ambiente industrial, por exemplo, quando uma peça espera que uma máquina esteja livre para produzir um produto.

Embora estas esperas sejam aceites pela população, estas causam desconforto e perturbação.

Neste capítulo é apresentado o tema da dissertação desenvolvido, bem como um enquadramento do estudo, os objectivos que se pretende que sejam alcançados, e a metodologia de investigação seguida.

1.1 Enquadramento

Com a evolução dos produtos e dos mercados, cada vez mais exigentes e competitivos, surgiu também a necessidade das empresas se tornarem mais atractivas e competitivas, definindo estratégias para satisfazer o mercado.

Neste âmbito, surgiu uma prática empresarial, o *outsourcing*. Esta prática visa aumentar a competitividade e lucro da empresa, apostando na flexibilização.

O *outsourcing* é visto como a aquisição de serviços por parte de uma entidade externa, que permite a optimização e controlo de custos, flexibilidade e rapidez, e a transformação de um centro de custos, num centro de serviços (Fischli, 1996).

Desta forma, as empresas desagregam actividades, aproximando-se de verdadeiras organizações virtuais com centros de conhecimento que interagem em grande parte através de interesse mútuo, em vez de sistemas de autoridade (Quinn, 1999).

Segundo Araújo (1997), as empresas virtuais surgiram da necessidade de mudança na estrutura organizacional e nos processos das empresas; obrigando as empresas a recorrerem, de forma crescente, às tecnologias de informação.

Assim, algumas empresas, recorrem a serviços externos, para serviço aos seus clientes. Um exemplo deste tipo de serviços, são os denominados *Call Centers*. Várias empresas disponibilizam este serviço para apoio técnico aos seus clientes, porém este serviço não é directamente assumido pela empresa produtora do produto, mas sim, por uma empresa contratada para assumir esse serviço.

Essas empresas prestadoras de serviço contratadas, têm total conhecimento do produto em causa e actuam com a empresa produtora do produto, numa espécie de simbiose, em que ambas tiram partido

da vantagem deste serviço, apontando, assim, o conceito de empresas virtuais no sentido de organizações em rede e de trabalho colaborativo.

Estas empresas prestadoras de serviço caracterizam-se pela utilização intensiva de tecnologias de sistemas de informação. A maior parte destas empresas, prestadoras de serviços, situam-se a distâncias elevadas das empresas com as quais trabalham.

Neste sentido, surge também o conceito de *Broker*. Segundo Snow & Miles (1994), o *broker* traduz-se como sendo um indivíduo ou uma organização, contratada por outros, para planear e organizar transações, quer de bens quer de serviços. O seu objetivo passa pela redução de custos, pelo aumento do sigilo, pela redução de riscos de não cumprimento, e também pela integração das empresas, sendo responsável por dinamizar, planear e controlar o seu recurso ao *outsourcing*.

A capacidade de um *Broker* agir em nome de um cliente para orientar a escolha do produto mais adequado, tem sido bem conhecida e a extensão deste conceito para o mercado eletrónico é uma progressão natural (Ávila, Putnik, Cunha, 2002).

Assim, o *Broker* faz a triagem e a ponte entre duas entidades, na maior parte dos casos, entre a empresa produtora de um produto e o cliente. O *Broker* é o principal agente de agilidade (Cunha & Putnik, 2006).

1.2 Objetivo

Uma grande parte dos *Call Centers* funciona internamente em rede. Como anteriormente referido, estas empresas utilizam massivamente tecnologias de sistemas de informação, maioritariamente, prestam serviços, e estão constantemente a lidar com clientes a grandes distâncias. Estas características aproximam-se das características das empresas virtuais. Assim sendo, os *Call Centers* possuem uma elevada capacidade de adaptação a mudanças.

Aproveitando estas características dos *Call Centers*, esta dissertação de mestrado tem como objectivo principal o desenvolvimento de um serviço de *Brokering* para empresas virtuais, tendo em consideração a forma organizacional de um *Call Center*. Tem-se ainda como objectivos secundários:

- Análise de um sistema organizacional de *Call Center*;
- Análise de variáveis dependentes e independentes no desempenho de um *call center*
- Projeção de serviço de *Brokering* em empresas virtuais;
- Modelação e avaliação de um caso de estudo como um serviço de *Brokering* no âmbito de *Call Centers* para empresas virtuais.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em sete capítulos. No primeiro capítulo é apresentada uma introdução, os objectivos da dissertação, bem como a sua estrutura e a metodologia de investigação.

No segundo capítulo, o estado da arte, são abordados alguns dos temas principais da dissertação, sendo estes as empresas virtuais, *broker*, modelos de distribuição e *call center*.

No terceiro capítulo, apresenta-se o estudo de caso, onde se descreve sucintamente a empresa (que por motivos de segredo empresarial, manteve-se o anonimato) bem como uma análise do seu caso real.

No quarto capítulo, são apresentadas várias formas de modelação de um *call center*, com base nas três variáveis independentes: a taxa de chegada, o número de agentes e o tempo médio de operação, usando o modelo de *Erlang*.

No capítulo cinco, encontra-se a discussão de resultados, onde se analisa qual é o impacto da conjugação das variáveis independentes (taxa de chegadas, duração média de serviço, número de agentes) nas variáveis dependentes (nível de serviço, tempo médio de espera, taxa de ocupação dos agentes, intensidade de tráfego).

No sexto capítulo, apresenta-se a adaptação do modelo utilizado nos capítulos três, quatro e cinco, aplicado a empresas virtuais e sistemas de manufactura avançados.

No sétimo capítulo, apresenta-se a conclusão desta dissertação.

Por último, são expostos a bibliografia e os anexos da presente dissertação.

1.4 Metodologias de investigação

A presente dissertação iniciou-se pela definição do tema que seria abordado. De seguida, foi necessária uma pesquisa longa sobre o estado da arte, através de livros, artigos, publicações, páginas *web*, dissertações e teses, que permitem-se uma análise mais clara sobre o tema. Toda esta pesquisa, foi realizada em publicações sem limite de tempo, e em várias línguas, destacam-se o português, o francês e o inglês. Porém, para ajudar na pesquisa e esta não ser demasiado extensiva, definiram-se previamente as palavras-chave.

Assim, após um melhor conhecimento sobre o tema, foi possível realizar as simulações e apresentar outra forma de abordagem acerca da aplicação das fórmulas de *Erlang*.

2. ESTADO DA ARTE

2.1 Empresas virtuais

O conceito de Empresa Virtual está intimamente ligado ao conceito de agilidade, no entanto, ainda não existe consenso quanto à sua definição. A sua própria designação sofre alterações quanto ao ambiente em que é utilizada.

Uma empresa virtual, também denominada por *virtual company*, *virtual corporation* ou *virtual organization*, consiste na junção um grupo de pessoas que trabalham juntas num projecto, comunicando principalmente por telefone, correio electrónico e internet, em vez de se reunirem, regularmente, num escritório para trabalharem em conjunto. Para ser bem-sucedida, a empresa virtual deve fornecer operações tão competitivas quanto as de uma empresa de tradicional (Cambridge English Dictionary (a)).

Segundo Azevedo (2000), a Empresa Virtual surge como uma nova forma de organização, de duração variável, e que assenta na cooperação entre várias organizações, no intuito de desenvolver um serviço ou produto, usando um conjunto de ferramentas que suportem o seu ciclo de vida.

Segundo Brunelle (2003), as extraordinárias inovações que se fizeram na década de 90, no que diz respeito às novas tecnologias de informação e comunicação, permitiram às empresas, reinventarem as suas formas de venderem produtos e serviços, organizarem a execução de trabalhos e estabelecerem novas parcerias estratégicas. No entanto, a utilização destas tecnologias provocou um importante desfasamento no espaço e no tempo. Este desfasamento de tempo e espaço nas actividades organizacionais criaram um novo tipo de organização a que muitos chamam de empresa virtual.

No que respeita à questão da Empresa Virtual como novo paradigma organizacional, três características marcam a diferença entre Empresa Virtual e Empresa Tradicional, sendo elas, a dinâmica de reconfiguração da rede, a virtualidade e as entidades externas para permitir, ou apoiar, a integração VE, bem como uma dinâmica de reconfiguração (Putnik & Cunha, 2006).

2.2 Broker

Desde tempos imemoriais, que a necessidade de aconselhar e de ser aconselhado se tornou imprescindível no ser humano. O conselho sempre existiu, mas de forma informal e sem base jurídica. As coisas eram simples num mundo económico que era igualmente simples.

Com a evolução do mundo económico e a expansão dos mercados, surgiu uma necessidade cada vez maior de ser aconselhado, e neste âmbito, surgiu também uma nova profissão, o *broker*.

Assim, encontram-se em alguns dicionários algumas definições de Broker:

“Mediador entre um comprador e um vendedor que recebe uma comissão (corretagem) pelos serviços prestados; agente comercial; corretor” (Dicionário Porto Editora)

“O broker é considerado uma pessoa que serve de intermediário em operações comerciais ou outras operações, que não trata directamente pelo seu cliente, mas simplesmente o aproxima à outra parte” (Dictionnaire Larousse).

“A person who buys and sells foreign money, shares in companies, etc., for other people; a person who talks to opposing sides, especially governments, making arrangements for them or bringing disagreements to an end” (Cambridge University Dictionary (b)).

Na sequência destas definições, conclui-se *broker* pode ser considerado uma pessoa, mas no entanto, o papel de *broker* pode ser desempenhado por uma pessoa, uma instituição empresarial ou um software.

“Um broker mobiliza recursos, no sentido muito mais amplo desse termo para facilitar a aprendizagem, o intercâmbio e acções no terreno. Todos os envolvidos como parceiros, incluindo as ONG locais e as organizações de base comunitária, são respeitados como legítimos jogadores e ativos na sociedade, independentemente das suas bases de poder ou de recursos. Só deve embarcar em brokering, se está preparado para ser empreendedor e experimental na sua abordagem. Também precisa de estar preparado para assumir e realizar alguns riscos em nome da parceria, a fim de abrir novos caminhos ”. Director de uma organização intermediária operar na Polónia (Tennyson, 2005, pp.10)

Um *broker* na definição do dicionário é um intermediário na tomada de relações ou um intermediário. Da mesma forma, um *broker* de parceria funciona como um intermediário activo entre as diferentes organizações e os diferentes setores (público e privado) que visam colaborar como parceiros numa iniciativa de desenvolvimento sustentável.

Um *broker* pode ter de assumir papéis de diferentes tipos, como os seguintes (Tennyson, 2005):

- Gerente de negócios
- Responsável pelos registos - Fornecer comunicações precisas, claras e adequadas;

- Capacidade de sensibilização e construção;
- Evitar conflitos entre as partes, harmonizando as relações;
- Consolidar a parceria;
- Garantir a transparência e responsabilidade mútua por parte dos parceiros.

Um *broker* pode ser interno ou externo à parceria. Um *broker* interno pertence a uma das organizações que vai fazer participar na parceria. Este tem como principais funções preparar a sua organização para a colaboração em parceria, negociar e representar o envolvimento de sua organização numa parceria, desempenhando um papel fundamental na iniciação, gestão e desenvolvimento de um acordo de parceria. O *broker* externo é um profissional independente contratado pela parceria ou por um dos parceiros para explorar a viabilidade de uma abordagem de parceria, facilitar as negociações para desenvolver uma parceria e/ou de um acordo de parceria, e manter ou monitorizar a parceria ao longo do tempo, sustentando os resultados (Tennyson, 2005).

O conceito de *broker* de uma parceria é cada vez mais sofisticado, não se trata apenas de um novo papel profissional realizado por indivíduos, sejam internos ou externos à parceria, mas é também cada vez mais um novo tipo de mecanismo que exige diferentes tipos de estrutura organizacional.

Tennyson (2005) apresenta um quadro onde define os vários tipos de correctores quer sejam internos ou externos à parceria, quer funcionem de forma individual ou em organização. Esse quadro é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação entre os diferentes tipos de Brokers (Tennyson,2005)

	Individual	Organização
Interno	BROKER INTERNO Um indivíduo que opera a partir de dentro de uma das organizações parceiras, com um papel designado para construir e / ou desenvolver a parceria.	UNIDADE DE PARCERIA A equipa ou departamento localizado dentro de uma organização parceira especificamente encarregado de construção e / ou desenvolvimento de relações de parceria em seu nome.
Externo	BROKER EXTERNO Um indivíduo que trabalha externamente às organizações parceiras nomeados, quer por um (ou mais, ou todos) dos parceiros para construir ou desenvolver algum aspecto da parceria.	ORGANIZAÇÃO INTERMEDIÁRIO Uma organização independente ou mecanismo criado especificamente para promover parcerias e / ou para realizar uma função de brokering em nome de diferentes parcerias.

2.3 Outsourcing

Com a evolução dos produtos e dos mercados, cada vez mais exigentes e competitivos, surgiu também a necessidade das empresas se tornarem mais atractivas e competitivas, definindo estratégias para satisfazer o mercado.

Neste âmbito, surgiu uma prática empresarial, o *outsourcing*. Esta prática visa aumentar a competitividade e lucro da empresa, apostando na flexibilização.

O *Outsourcing* é uma ferramenta de gestão estratégica que permite às empresas pouparem esforços e custos em diversas áreas de negócio que não fazem parte do seu *corebusiness*. Desta forma, a empresa acede a tecnologias de ponta para estes serviços e evita elevados custos fixos, que derivam da actualização da tecnologia usada nestes serviços. (André, 2008)

Como referido no enquadramento desta dissertação de mestrado, o *outsourcing* é visto como a aquisição de serviços por parte de uma entidade externa, que permite a optimização e controlo de custos, flexibilidade e rapidez, e a transformação de um centro de custos, num centro de serviços (Fischli, 1996). Assim, as empresas desagregam actividades, aproximando-se de verdadeiras

organizações virtuais com centros de conhecimento que interagem em grande parte através de interesse mútuo, em vez de sistemas de autoridade (Quinn, 1999).

O *outsourcing* também levanta um conjunto de questões, sendo um das mais importantes, a seleção do fornecedor de serviço. (Aubert, Patry & Rivard, 2005).

Nesta dissertação, verificar-se-á mais a frente, que a empresa em estudo optou por terceirizar a parte dos serviços, e escolheu uma empresa inovadora e muito experiente na área de tecnologias de informação.

2.4 Call center

2.4.1 Definição de Call Center

Um *call center*, ou central de atendimento, é uma instalação concebida para apoiar a prestação de algum serviço interativo via comunicações telefónicas; normalmente um espaço de escritório com várias estações de trabalho ocupados por agentes para fazer e/ou receber chamadas (Gans, Koole & Mandelbaum, 2003). Um *call center* tem como objetivo fazer a interface entre o cliente e a empresa.

Este serviço pode funcionar como suporte técnico, telemarketing, serviço pós-venda, atendimento ao cliente ou qualquer outra atividade especializada para atender as necessidades dos clientes.

O *call center* é um exemplo de sistemas de filas: as chamadas chegam, esperam numa fila virtual e depois são atendidas por um agente. Estes serviços são frequentemente são modelados como sistemas de filas de M/M/N, ou na terminologia padrão da indústria - o modelo de Erlang C. O modelo de Erlang C assume que as chamadas chegam com uma taxa de chegada média conhecida, com o atendimento por parte de um número de agentes definido e estatisticamente idênticos com tempos de serviço que segue uma distribuição exponencial. Este modelo pressupõe ainda todos os clientes esperam tanto tempo quanto for necessário para receberem o serviço, sem desligarem (Robbins, Medeiros, & Harrison, 2010).

2.4.2 Constituição de um *call center*

Um *call center* é constituído por recursos humanos, operadores, e por recursos tecnológicos, tais como computadores e equipamentos de comunicação. Todo este conjunto interage com clientes e permite receber um elevado número de ligações em simultâneo no *call center*.

A Integração de Telefonia por Computador (CTI- *Computer Telephony Integration*) consiste na integração de computadores e de sistemas telefónicos digitais. Este sistema permite a integração do telefone ao computador, facilitando o atendimento ao cliente, a gestão das chamadas e a distribuição das mesmas para outros departamentos mais especializados se tal for necessário (Lynch, 1995).

Outra tecnologia utilizada no *call center* é o atendimento de resposta automático - IVR (*Interactive Voice Response*) que possibilita a interação do cliente através de áudio pré-gravado, que permite através de menus, escolher aquele que irá atender a suas necessidades. Este serviço permite um atendimento ao cliente 24 horas por dia, 365 dias por ano, pretendendo ainda reduzir as taxas de abandono e redireccionar a chamada para o agente mais adequado, reduzindo assim os tempos de espera; porém este serviço incorre em serviços de custo acrescentado (Lynch,1995; Voice Interaction, 2015).

2.5 Filas de espera

As filas de espera são um fenómeno que fazem parte do quotidiano, quando se vai comprar pão, no café, nos correios, nos aeroportos, bancos, etc. As filas acontecem quando o número de clientes que chega para ser atendido é superior ao número de postos de atendimento. Cada cliente demora o seu tempo a ser atendido, tempo de serviço, ocupando assim um recurso.

Os componentes de um sistema de filas de espera são os seguintes: Chegada, tempo de distribuição do serviço, número de pontos de atendimento, capacidade do sistema, população finita ou infinita e disciplina de atendimento:

FIFO – *First In, First Out* – O primeiro a entrar é o primeiro a sair

FCFS – *First Come, First Served* – O primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido

LIFO – *Last In, First Out* – O último a entrar é o primeiro a sair

LCFS – *Last Come, First Served* – O último a chegar é o primeiro a ser atendido

SIRO – *Select In Random Order* – O atendimento é feito de forma aleatória

PRI – *Priority* – Atendimento que tem em conta a prioridade, muito comum em urgência

RR – *Round-Robin* - Cada cliente tem direito a um intervalo de tempo de serviço, dentro da qual é atendido, e se o cliente não for completamente atendido dentro desse intervalo de tempo, a tarefa é interrompida.

GD – *General Discipline* – Distribuição genérica, onde não há disciplina especificada de atendimento (Pereira, 2009).

Os estudos sobre a teoria das filas de espera foram iniciados no início do séc. XX, por *Agner Krarup Erlang* (1878-1929), enquanto trabalhava na central de telefonia de Copenhaga.

A teoria das filas de espera é um método estatístico que permite estimar as demoras que ocorrem quando um serviço tem de ser proporcionado a clientes cuja chegada se dê ao acaso (Torres, 1966).

Os modelos mais simples e mais estudados são os modelos $M/M/a/b/c$, estes modelos caracterizam-se por taxas chegadas dos clientes que ocorrem segundo a distribuição de *Poisson* e o tempo de serviço com distribuição exponencial. Dentro destes modelos existem vários modelos, entre eles:

- Modelo $M/M/1$
- Modelo $M/M/s$
- Modelo $M/M/\infty$
- Modelo $M/M/1/K$
- Modelo $M/M/S/K$ e dentro deste, o Modelo $M/M/S/S$.
- Modelo $M/M/1/\infty/H$
- Modelo $M/M/S/\infty/H$. (Pereira, 2009).

Dos vários modelos de filas de espera existentes, o modelo $M/M/s$ é usado pela distribuição de *Erlang*, assim, dar-se-á mais destaque a este modelo.

O modelo $M/M/s$ consiste muito resumidamente num sistema de fila única com vários balcões de atendimento. Este sistema caracteriza-se por ter uma taxa de chegada de *Poisson* e tempos de atendimento exponenciais. A taxa de chegada λ é independente do estado do sistema, e segue um sistema de atendimento FIFO.

2.6 Distribuição de Dados

2.6.1 Modelos de distribuição

Quando conhecemos todos os valores de uma variável aleatória juntamente com suas respectivas probabilidades, temos uma distribuição de probabilidades. A distribuição de probabilidades associa uma probabilidade a cada resultado numérico de uma experiência. (Reboita, 2005)

As distribuições de probabilidades podem ser de dois tipos: distribuições contínuas e distribuições discretas.

As distribuições discretas geralmente mais utilizadas são a distribuição de *Poisson* e a distribuição Binomial. As distribuições contínuas mais utilizadas são a distribuição exponencial, a distribuição Normal e a distribuição de Weibull.

2.6.2 Distribuição de Poisson

A distribuição de *Poisson* foi descoberta no início do século XIX por um magistrado francês *Siméon-Denis Poisson* (1781–1840) (Kosmann-Schwarzbach, Y., 2014). A distribuição de *Poisson* é a lei dos processos equivalentes ao tempo de espera. Em termos de teorias da probabilidade e estatística, a distribuição de *Poisson* é uma distribuição de probabilidade discreta que descreve o comportamento do número de eventos que ocorrem num período fixo de tempo, se esses eventos ocorrem com uma taxa média conhecida e independentemente do tempo ocorrido desde o evento anterior. A distribuição de *Poisson* é também relevante para descrever o número de eventos noutros tipos de intervalos, em vez de espaço e de tempo, mas também como segmentos, superfícies ou volumes.

A distribuição de *Poisson* é uma distribuição de probabilidade que se aplica ao acontecimento de eventos raros: controlo da qualidade, probabilidade de defeitos, acidentes, etc.

A distribuição de *Poisson* é construída com um único parâmetro, lambda (λ) (Equação 1). Este parâmetro representa tanto a média como a variância. Esta distribuição tem uma forte aproximação a distribuição binomial.

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}$$

Equação 1 - Função de probabilidade da distribuição de Poisson para qualquer valor de λ .

2.6.3 Modelo de Erlang

Agner Krarup Erlang (1878 - 1929) foi um matemático dinamarquês. *Erlang* formou-se em 1901 na Universidade de Copenhaga, e após ter completado a sua formação, leccionou na escola onde seu pai já era professor. Durante esse mesmo período de tempo, estudou o francês e o latim, e foi membro da Associação Matemática Dinamarquesa.

Foi através de reuniões da Associação Matemática que *Erlang* e o matemático *JLWV Jensen* (1859-1925) se conheceram; *Jensen* era então engenheiro-chefe da Companhia Telefónica de Copenhaga. *Jensen* apresenta *Erlang* a *F. Johanssen*, que era então diretor da Companhia, que recentemente introduzira métodos probabilísticos na telefonia, e *Erlang* foi recrutado em 1908. Um novo laboratório físico-técnico foi estabelecido com *Erlang* à chefia do mesmo. (Millennium Mathematics Project, 1997) *Erlang* iniciou o seu trabalho, aplicando a teoria das probabilidades para os problemas de tráfego telefónico e em 1909, publicou o seu primeiro trabalho "*The Theory of Probabilities and Telephone Conversations*". Neste trabalho, demonstra que as chamadas telefónicas aleatoriamente distribuídas seguem a lei da distribuição de *Poisson*.

2.6.3.1 Fórmula de Erlang B

A fórmula de Erlang B calcula a probabilidade de bloqueio das chamadas. O bloqueio acontece quando o número de linhas é insuficiente para receber toda a quantidade de chamadas. As chamadas que chegam e não podem ser atendidas são encaminhadas para um correio de voz, obrigando as pessoas a desligarem a chamada. A única forma de receber o serviço, será, desligar a chamada e voltar a ligar.

Assim, Erlang B calcula a probabilidade de chamadas ficarem bloqueadas, para uma determinada intensidade de tráfego e um determinado número de agentes. Apresenta-se de seguida a fórmula de Erlang B (Equação 2):

$$E_B = \frac{\frac{u^m}{m!}}{\sum_{k=0}^m \frac{u^k}{k!}}$$

Equação 2 - Fórmula de Erlang B

Em que:

u – Intensidade de tráfego

m – Número de agentes.

2.6.3.2 Fórmula de Erlang C

Ao contrário da situação em que se usa a fórmula de Erlang B, a fórmula de Erlang C permite que um cliente possa permanecer em espera, sem ter necessidade de desligar a chamada (Equação 3).

A fórmula desenvolvida por *A. K. Erlang*, conhecida como fórmula Erlang C foi a seguinte,

$$E(m, u) = \frac{\frac{m}{m-u} \frac{u^m}{m!}}{\frac{u^m}{m!} \frac{m}{m-u} + \sum_{k=0}^{m-1} \frac{u^k}{k!}}$$

Equação 3 - Fórmula de Erlang C

Segundo Tanner (2000), a fórmula Erlang C permite calcular a probabilidade que um cliente vai ter que esperar por um recurso. Portanto, pretende-se que esta probabilidade tenha o menor valor possível, uma vez que o resultado de $E(m, u) \geq 0$.

Assim, a fórmula de Erlang C, após algumas deduções que podem ser consultadas no Anexo I, é dada pela seguinte equação (Equação 4),

$$E(m, u) = \frac{\frac{u^m}{m!}}{\frac{u^m}{m!} + (1 - \rho) \sum_{k=0}^{m-1} \frac{u^k}{k!}}$$

Equação 4 - Fórmula de Erlang C simplificada

Em que:

u – Intensidade de tráfego

m – Número de agentes.

ρ – Ocupação do agente.

Os passos para o cálculo do nível de serviço, seguindo a fórmula de Erlang C:

1º Passo: Especificar a taxa de chegada das chamadas

$$\lambda = \frac{x \text{ chamadas}}{t \text{ segundos}}$$

Equação 5 - Cálculo da taxa de chegada

2º Passo: Especificar a duração da chamada

Ts = duração média da chamada em segundos

3º Passo: Indicar o número de agentes

$$m = n^{\circ} \text{ de agentes}$$

4º Passo: Calcular a intensidade de tráfego

$$u = \lambda \cdot Ts$$

Equação 6 - Cálculo da intensidade de tráfego

5º Passo: Calcular a ocupação do agente

$$\rho = \frac{u}{m}$$

Equação 7 - Cálculo da ocupação do agente

6º Passo: Calcular a fórmula de Erlang C

$$E(m, u) = \frac{\frac{u^m}{m!}}{\frac{u^m}{m!} + (1 - \rho) \sum_{k=0}^{m-1} \frac{u^k}{k!}}$$

7º Passo: Calcular a probabilidade da chamada não ser atendida imediatamente

$$P = E(m, u)$$

8º Passo: Calcular o tempo médio de espera para uma chamada ou velocidade média de atendimento

$$T_w = \frac{E(m, u) \cdot T_s}{m \cdot (1 - \rho)}$$

Equação 8 - Cálculo do tempo médio de espera

9º Passo: Calcular o nível de serviço

$$W(t) = 1 - E(m, u) \cdot e^{-\frac{(m-u)t}{T_s}}$$

Equação 9 - Cálculo para o nível de serviço para um dado instante

Em que t corresponde ao tempo de resposta alvo.

Exemplo da aplicação segundo Tanner (2000)

Os cálculos de Erlang C são descritas passo a passo abaixo, usando um exemplo:

360 chamadas por meia hora, com duração média de 4 minutos e 55 agentes. O tempo de resposta alvo para o nível de serviço é de 15 segundos.

- 1) Especificar a taxa de chegada das chamadas

$$\lambda = \frac{x \text{ chamadas}}{t \text{ segundos}} = \frac{360 \text{ chamadas/meia hora}}{1800 \text{ segundos/meia hora}} = 0,2 \text{ chamadas/segundo}$$

- 2) Especificar a duração da chamada

$$T_s = 4 \text{ minutos} = 4 \times 60 \text{ segundos} = 240 \text{ segundos}$$

- 3) Indique o número de agentes

$$m = 55 \text{ agentes}$$

- 4) Calcular a intensidade de tráfego

$$u = \lambda \times Ts = (0,2 \text{ chamadas/segundo}) \times (240 \text{ segundos/chamada}) = 48$$

- 5) Calcular a ocupação do agente

$$\rho = \frac{u}{m} = \frac{48}{55} = 0,873 = 87,3\%$$

- 6) Calcular a fórmula de Erlang C

$$E(m, u) = \frac{\frac{u^m}{m!}}{\frac{u^m}{m!} + (1 - \rho) \sum_{k=0}^{m-1} \frac{u^k}{k!}} = \frac{\frac{48^{55}}{55!}}{\frac{48^{55}}{55!} + (1 - 0,873) \sum_{k=0}^{55-1} \frac{48^k}{55!}} = 0,239$$

- 7) Calcular a probabilidade de esperar (chamada não atendida imediatamente)

$$\text{Probabilidade (chamada ter que esperar)} = E(m, u) = 0,239 = 23,9\%$$

- 8) Calcular o tempo médio de espera para uma chamada ou velocidade média de atendimento

$$Tw = \frac{E(m, u) \cdot Ts}{m \cdot (1 - \rho)} = \frac{0,239 \cdot 240}{55 \cdot (1 - 0,873)} = 8,2 \text{ segundos}$$

- 9) Calcular o nível de serviço

$$W(t) = 1 - E(m, u) \cdot e^{-(m-u)\frac{t}{Ts}} = 1 - 0,239 \cdot e^{-(55-48)\frac{15}{240}} = 0,846 = 84,6\%$$

Os passos a seguir para o cálculo de Erlang C serão posteriormente utilizados nos capítulos seguintes.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 Empresa

O estudo de caso foi realizado numa empresa multinacional norte-americana, de tecnologia e de consultadoria. A empresa fabrica e comercializa *hardware, middleware* e *software*; também oferece infra-estruturas, serviços de consultadoria e alocação em várias áreas, desde computadores à nanotecnologia.

A empresa tem evoluído constantemente desde a sua criação. Na última década, alargou a sua área de negócios, saindo da “zona de conforto” que era a fabricação de computadores, disco rígidos e DRAMs, e focalizando-se em mercados mais rentáveis tais como *business intelligence, data analytics, business continuity, security, cloud computing, virtualization and green solutions*., das quais que resultaram margens de lucro elevadas e maior fluxo de receitas.

Esta empresa possui uma unidade de *outsourcing*, que fornece serviços de *call center* para outras empresas, disponibilizando os recursos humanos e tecnológicos.

Assim sendo, a empresa presta serviço a outra empresa multinacional de tecnologia norte-americana. Esta nova empresa projecta, desenvolve e comercializa produtos electrónicos para consumo pessoal, *software* e *hardware* de computador e serviços *online*. Trata-se de uma das maiores empresas de tecnologia de informação e de uma das maiores empresas produtoras de telemóveis do mundo.

O serviço prestado por esta empresa, é um serviço de *helpdesk*, e consiste no apoio ao consumidor, regra geral, é mais procurado em casos de problemas técnicos.

O serviço de *helpdesk* é oferecido ao cliente através do *call center*, de *chat*, do portal da empresa e via *e-mail*, onde os clientes são atendidos por agentes treinados especificamente para o apoio técnico. Cada uma destas interações é gravada individualmente, de forma a proteger o cliente e o agente. Porém, nem todos os problemas conseguem ser resolvidos por estes meios de comunicação, precisando mesmo o aparelho ser trocado e/ou reparado. Nesta situação, a empresa oferece um serviço de recolha e entrega a domicilio (ou noutra local desejado), ao cliente, do(s) aparelho(s) avariado(s). O serviço é adquirido com a compra do produto e é completamente gratuito nos 90 dias após a activação do produto. Os clientes podem ainda adquirir uma extensão que fornece o apoio técnico gratuito durante dois anos e garantia caso o produto não esteja na garantia da Lei do Consumidor Europeia.

O serviço de atendimento pelos meios de comunicação acima referidos funciona seguindo o sistema de atendimento FIFO (*First In, First Out*), funcionando essencialmente em serviços de chamadas *inbound*, as chamadas *outbound* são realizadas excepcionalmente.

3.2 Análise do caso real

Na Tabela 2, é apresentada a ocorrência da taxa de chegada, assim como o número de agentes presentes em cada intervalo de tempo de uma hora. A empresa estabelece 10 minutos de conversação, como sendo o ideal para o atendimento telefónico ao cliente. Acima desse tempo, considera que começa a ser saturante para o cliente e para o agente que atende a chamada.

Tabela 2 - Apresentação do caso real num dia durante 12 horas de tráfego

Intervalos de tempo	Taxa de chegada das unidades - λ (und/seg)	Duração média de unidades - T_s (segundos)	Número de agentes m	Intensidade de tráfego u	Ocupação do agente ρ	Erlang C	Tempo médio de espera- T_w	Nível de serviço- $W(t)$
7h-8h	0,016666667	600	25	10	0,4	4,87818E-05	0,00195127	0,999960061
8h-9h	0,025	600	30	15	0,5	0,000442263	0,0176905	0,999637906
9h-10h	0,008333333	600	50	5	0,1	2,1863E-32	2,91507E-31	1
10h-11h	0,083333333	600	75	50	0,666666667	0,000617332	0,01481596	0,999557663
11h-12h	0,033333333	600	50	20	0,4	1,2717E-08	2,5434E-07	0,999999991
12h-13h	0,066666667	600	50	40	0,8	0,08695255	5,217152972	0,923901449
13h-14h	0,066666667	600	50	40	0,8	0,08695255	5,217152972	0,923901449
14h-15h	0,083333333	600	75	50	0,666666667	0,000617332	0,01481596	0,999557663
15h-16h	0,104166667	600	75	62,5	0,833333333	0,08385569	4,025073125	0,929017691
16h-17h	0,1	600	50	60	1	1	#DIV/0!	0
17h-18h	0,141666667	600	45	85	1	1	#DIV/0!	0
18h-19h	0,025	600	25	15	0,6	0,012433715	0,746022896	0,989118344

Verifica-se que o call center consegue manter um nível de serviço aceitável ao longo do dia menos nos intervalos das 16h-17h e das 17-18h. Nestes intervalos, o call center não está com a máxima capacidade de agentes em serviço, mas mesmo que estes estivessem a realizar horas extras de trabalho, o call center não conseguiria atingir nível de serviço aceitável no intervalo das 17h-18h. Neste intervalo, necessitaria de um número mínimo de 86 agentes e de 100 agentes para atingir o nível de serviço pretendido de 93%.

4. MODELAÇÃO DE CALL CENTER

A partir dos dados reais apresentados na Tabela 2 no capítulo 3, fizeram-se testes variando entre os valores mínimos e máximos do número de agentes (Tabela 3 e Tabela 4), e para os valores mínimos e máximos da taxa de chegada de chamadas de um dia de trabalho (Tabela 5 e Tabela 6). Ainda se testou a capacidade do sistema para níveis inferiores de tempo de operação, 480 segundos e 120 segundos (Tabela 7 e Tabela 8) pois para tempos superiores, o sistema não tinha capacidade, como se verificou na Tabela 2.

4.1 Modelo 1 – Número de agentes fixos

4.1.1 Número de agentes fixos no valor mínimo

Como era de esperar, fixando o número de agentes no número mínimo, o call center não consegue cumprir os objectivos de nível de serviço, durante uma grande parte do dia (Tabela 3). Neste caso seria necessário aumentar o número de agentes, para 86 agentes para garantir o nível de serviço ao longo do dia, e este garantiria apenas o nível de serviço mínimo entre as 17h-18h.

Tabela 3 - Modelação do caso de estudo com o valor mínimo de 25 agentes

Intervalos de tempo	Taxa de chegada das unidades - λ (unidade/segundos)	Duração média de unidades - T_s (segundos)	Número de agentes m	Intensidade de tráfego u	Ocupação do agente ρ	Erlang C	T_w Tempo médio de espera	$W(t)$ Nível de serviço
7h-8h	0,016666667	600	25	10	0,4	4,87818E-05	0,00195127	0,999960061
8h-9h	0,025	600	25	15	0,6	0,012433715	0,746022896	0,989118344
9h-10h	0,008333333	600	25	5	0,2	1,61824E-10	4,85471E-09	1
10h-11h	0,083333333	600	25	50	1	1	#DIV/0!	0
11h-12h	0,033333333	600	25	20	0,8	0,209102827	25,09233919	0,804382845
12h-13h	0,066666667	600	25	40	1	1	#DIV/0!	0
13h-14h	0,066666667	600	25	40	1	1	#DIV/0!	0
14h-15h	0,083333333	600	25	50	1	1	#DIV/0!	0
15h-16h	0,104166667	600	25	62,5	1	1	#DIV/0!	0
16h-17h	0,1	600	25	60	1	1	#DIV/0!	0
17h-18h	0,141666667	600	25	85	1	1	#DIV/0!	0
18h-19h	0,025	600	25	15	0,6	0,012433715	0,746022896	0,989118344

4.1.2 Número de agentes fixo no valor máximo

Neste caso, o nível de serviço mantém-se elevado todo ao longo do dia, menos no intervalo das 17h-18h (Tabela 4). Neste caso seria necessário ter 86 agentes para garantir um nível mínimo de serviço e 100 agentes para garantir um nível de serviço aceitável de 93%.

Tabela 4 - Modelação do caso de estudo com o valor máximo de 75 agentes

Intervalos de tempo	Taxa de chegada das unidades - λ (unidade/segundos)	Duração média de unidades - T_s (segundos)	Número de agentes m	Intensidade de tráfego u	Ocupação do agente ρ	Erlang C	Tw Tempo médio de espera	W(t) Nível de serviço
7h-8h	0,016666667	600	75	10	0,133333333	2,1115E-39	1,94908E-38	1
8h-9h	0,025	600	75	15	0,2	2,48156E-28	2,48156E-27	1
9h-10h	0,008333333	600	75	5	0,066666667	7,70246E-60	6,60211E-59	1
10h-11h	0,083333333	600	75	50	0,666666667	0,000617332	0,01481596	0,999557663
11h-12h	0,033333333	600	75	20	0,266666667	4,28003E-21	4,66912E-20	1
12h-13h	0,066666667	600	75	40	0,533333333	5,23723E-07	8,97811E-06	0,99999672
13h-14h	0,066666667	600	75	40	0,533333333	5,23723E-07	8,97811E-06	0,99999672
14h-15h	0,083333333	600	75	50	0,666666667	0,000617332	0,01481596	0,999557663
15h-16h	0,104166667	600	75	62,5	0,833333333	0,08385569	4,025073125	0,929017691
16h-17h	0,1	600	75	60	0,8	0,040292879	1,611715156	0,967010981
17h-18h	0,141666667	600	75	85	1	1	#DIV/0!	0
18h-19h	0,025	600	75	15	0,2	2,48156E-28	2,48156E-27	1

4.2 Modelo 2 – Taxa de chegada fixa

4.2.1 Taxa de chegada fixa no valor mínimo relativo ao exemplo dos dados reais

Neste caso, para fixar o valor da taxa de chegadas no valor mínimo (Tabela 5), mantendo todos os outros valores, o call center consegue atingir nível de serviço máximo. O nível de serviço é dado pela probabilidade do cliente não estar em fila de espera mais de 8 segundos. Neste caso, o objectivo atingido, porém também pode ser sinal de um excesso do número de operadores. Neste caso, seria necessário ter 10 agentes em linha com esta taxa de chegadas para atingir o nível de serviço, de 93%.

Tabela 5 -Modelação do caso de estudo fixando a taxa de chegada no valor mínimo

Intervalos de tempo	Taxa de chegada das unidades - λ (unidade/segundos)	Duração média de unidades - T_s (segundos)	Número de agentes m	Intensidade de tráfego u	Ocupação do agente ρ	Erlang C	Tw Tempo médio de espera	W(t) Nível de serviço
7h-8h	0,008333333	600	25	5	0,2	1,61824E-10	4,85471E-09	1
8h-9h	0,008333333	600	30	5	0,166666667	2,83889E-14	6,81334E-13	1
9h-10h	0,008333333	600	50	5	0,1	2,1863E-32	2,91507E-31	1
10h-11h	0,008333333	600	75	5	0,066666667	7,70246E-60	6,60211E-59	1
11h-12h	0,008333333	600	50	5	0,1	2,1863E-32	2,91507E-31	1
12h-13h	0,008333333	600	50	5	0,1	2,1863E-32	2,91507E-31	1
13h-14h	0,008333333	600	50	5	0,1	2,1863E-32	2,91507E-31	1
14h-15h	0,008333333	600	75	5	0,066666667	7,70246E-60	6,60211E-59	1
15h-16h	0,008333333	600	75	5	0,066666667	7,70246E-60	6,60211E-59	1
16h-17h	0,008333333	600	50	5	0,1	2,1863E-32	2,91507E-31	1
17h-18h	0,008333333	600	45	5	0,111111111	1,80102E-27	2,70153E-26	1
18h-19h	0,008333333	600	25	5	0,2	1,61824E-10	4,85471E-09	1

4.2.2 Taxa de chegada fixa no valor máximo relativo ao exemplo dos dados reais

A Tabela 6 apresenta a modelação do caso de estudo fixando a taxa de chegada no valor máximo.

Uma das regras obrigatório no uso destas fórmulas é que o $m > u$, pois, a probabilidade não pode ser maior do que 0. Neste caso, para fixar o valor da taxa de chegadas, mantendo todos os outros valores, o *call center* não consegue atingir qualquer nível de serviço. O nível de serviço é dado pela probabilidade do cliente não estar em fila de espera mais de 8 segundos. Neste caso, o número de agentes, m , foi aumentado para 86, para se obter um nível de serviço mínimo, tendo em conta que a ocupação do agente, u , tem o valor de 85.

O tempo de espera do cliente aproxima-se dos 9 minutos, para ser atendido por um operador.

Este *call center* tem por objectivo atingir um nível de serviço de 93% Neste caso, seria necessário ter 100 agentes em linha com esta taxa de chegadas para atingir o nível de serviço.

Tabela 6 - Modelação do caso de estudo fixando a taxa de chegada no valor máximo

Taxa de chegada das unidades - λ (unidade/segundos)	Duração média de unidades - T_s (segundos)	Número de agentes m	Intensidade de tráfego u	Ocupação do agente ρ	Erlang C	T_w Tempo médio de espera	$W(t)$ Nível de serviço
0,141666667	600	86	85	0,988372093	0,874192061	524,5152364	0,137386472
0,141666667	600	86	85	0,988372093	0,874192061	524,5152364	0,137386472
0,141666667	600	86	85	0,988372093	0,874192061	524,5152364	0,137386472
0,141666667	600	86	85	0,988372093	0,874192061	524,5152364	0,137386472
0,141666667	600	86	85	0,988372093	0,874192061	524,5152364	0,137386472
0,141666667	600	86	85	0,988372093	0,874192061	524,5152364	0,137386472
0,141666667	600	86	85	0,988372093	0,874192061	524,5152364	0,137386472
0,141666667	600	86	85	0,988372093	0,874192061	524,5152364	0,137386472
0,141666667	600	86	85	0,988372093	0,874192061	524,5152364	0,137386472
0,141666667	600	86	85	0,988372093	0,874192061	524,5152364	0,137386472
0,141666667	600	86	85	0,988372093	0,874192061	524,5152364	0,137386472
0,141666667	600	86	85	0,988372093	0,874192061	524,5152364	0,137386472
0,141666667	600	86	85	0,988372093	0,874192061	524,5152364	0,137386472
0,141666667	600	86	85	0,988372093	0,874192061	524,5152364	0,137386472
0,141666667	600	86	85	0,988372093	0,874192061	524,5152364	0,137386472

4.3 Modelo 3 – Previsão para o Tempo de serviço abaixo do tempo real

4.3.1 Alteração do tempo de chamada para 480 segundos

Como se pode verificar na Tabela 7, reduziu-se o tempo de chamada para 480 segundos (8 minutos), o call center continua a desempenhar um bom nível de serviço, excepto para o intervalo das 17h-18h. Mantendo todas as outras variáveis, seria necessário reduzir o tempo de chamada para 317 segundos para obter um nível de serviço mínimo neste intervalo, e reduzir para 250 segundos para atingir o nível de serviço pretendido de 93%.

Tabela 7 - Modelação do caso de estudo fixando o tempo de chamada em 480 segundos

Intervalos de tempo	Taxa de chegada das unidades - λ (unidade/segundos)	Duração média de unidades - T_s (segundos)	Número de agentes m	Intensidade de tráfego u	Ocupação do agente ρ	Erlang C	T_w Tempo médio de espera	$W(t)$ Nível de serviço
7h-8h	0,016666667	480	25	8	0,32	1,20154E-06	3,39259E-05	0,999999095
8h-9h	0,025	480	30	12	0,4	9,16415E-06	0,000244377	0,999993211
9h-10h	0,008333333	480	50	4	0,08	8,29772E-37	8,65849E-36	1
10h-11h	0,083333333	480	75	40	0,533333333	5,23723E-07	7,18249E-06	0,999999708
11h-12h	0,033333333	480	50	16	0,32	8,74387E-12	1,23443E-10	1
12h-13h	0,066666667	480	50	32	0,64	0,002092326	0,055795353	0,998449967
13h-14h	0,066666667	480	50	32	0,64	0,002092326	0,055795353	0,998449967
14h-15h	0,083333333	480	75	40	0,533333333	5,23723E-07	7,18249E-06	0,999999708
15h-16h	0,104166667	480	75	50	0,666666667	0,000617332	0,011852768	0,99959303
16h-17h	0,1	480	50	48	0,96	0,694455611	166,6693467	0,328311352
17h-18h	0,141666667	480	45	68	1	1	#DIV/0!	0
18h-19h	0,025	480	25	12	0,48	0,000726659	0,026830477	0,999414896

4.3.2 Alteração do tempo de chamada para 120 segundos

Neste caso, o tempo de chamada foi reduzido para 120 segundos (2 minutos). O *call center* consegue desempenhar um bom nível de serviço muito bom durante o dia, mesmo para o intervalo das 17h-18h. Mantendo todas as outras variáveis, esta situação seria satisfatória para atingir o nível de serviço pretendido. Porém, para um serviço de *helpdesk* para produtos electrónicos, este tempo de chamada não corresponde ao aceitável para a empresa. A empresa prestadora do serviço e a empresa produtora dos produtos electrónicos, consideram esse tempo inaceitável para atender ao cliente, pois com este serviço, pretende-se dar segurança ao cliente, e garantias de apoio para atender as suas dúvidas.

Tabela 8 - Modelação do caso de estudo fixando o tempo de chamada em 120 segundos

Intervalos de tempo	Taxa de chegada das unidades - λ (unidade/segundos)	Duração média de unidades - T_s (segundos)	Número de agentes m	Intensidade de tráfego u	Ocupação do agente ρ	Erlang C	Tw Tempo médio de espera	W(t) Nível de serviço
7h-8h	0,016666667	120	25	2	0,08	3,1822E-19	1,66028E-18	1
8h-9h	0,025	120	30	3	0,1	4,2939E-20	1,9084E-19	1
9h-10h	0,008333333	120	50	1	0,02	1,23425E-65	3,02266E-65	1
10h-11h	0,083333333	120	75	10	0,133333333	2,1115E-39	3,89816E-39	1
11h-12h	0,033333333	120	50	4	0,08	8,29772E-37	2,16462E-36	1
12h-13h	0,066666667	120	50	8	0,16	1,87409E-23	5,35453E-23	1
13h-14h	0,066666667	120	50	8	0,16	1,87409E-23	5,35453E-23	1
14h-15h	0,083333333	120	75	10	0,133333333	2,1115E-39	3,89816E-39	1
15h-16h	0,104166667	120	75	12,5	0,166666667	3,34302E-33	6,41861E-33	1
16h-17h	0,1	120	50	12	0,24	2,41902E-16	7,63902E-16	1
17h-18h	0,141666667	120	45	17	0,377777778	1,30448E-08	5,59063E-08	0,999999998
18h-19h	0,025	120	25	3	0,12	3,09043E-15	1,68569E-14	1

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os gráficos de vários testes realizados combinando as variáveis independentes entre si, bem como uma discussão sobre estes. Na Tabela 9, estão representadas e identificadas as variáveis independentes e as variáveis dependentes.

Tabela 9 - Variáveis independentes e funções variáveis resultantes da fórmula de Erlang

Variáveis independentes	Funções (variáveis dependentes)
1-Taxa de chegadas	F1- Nível de serviço
2-Duração média de serviço	F2- Tempo médio de espera
3-Número de agentes	F3- Taxa de ocupação dos agentes
	F4- Intensidade de tráfego

Na Tabela 10, estão representadas as várias funções e combinações das variáveis que serão apresentadas nos gráficos mais abaixo.

Tabela 10- Funções e combinações das variáveis independentes para cada função

F1	F2	F3	F4
F1=f (1,3)	F2=f (1,3)	F3=f (1,3)	F4=f (1,3)
F1=f (1,2)	F2=f (1,2)	F3=f (1,2)	F4=f (1,2)
F1=f (2,3)	F2=f (2,3)	F3=f (2,3)	F4=f (2,3)

5.1 F1- Nível de serviço

Nesta secção, são apresentados os gráficos resultantes da relação entre as variáveis independentes, para o comportamento do nível de serviço. Assim, resultaram os gráficos para nível de serviço relacionando a taxa de chegadas e o número de agentes [F1=f (1,3)], a taxa de chegadas e a duração média de serviço [F1=f (1,2)], e a duração média de serviço e o número de agentes [F1=f (2,3)].

5.1.1 Relação entre a taxa de chegadas e o número de agentes - F1=f (1,3)

As primeiras simulações realizadas, partiram da combinação das variáveis independentes 1 e 3 e dos seus efeitos no nível de serviço.

A primeira simulação realizada foi $F1=f(1,3)$, cálculo do nível de serviço em função do número de agentes e para pequenas variações da taxa de chegada, mantendo o tempo médio das chamadas em 600 segundos. Optou-se inicialmente, por não variar muito a taxa de chegada, pois o nível de serviço é muito sensível a essa variação, é de recordar que a taxa de serviço está envolvida no cálculo de todas as variáveis independentes.

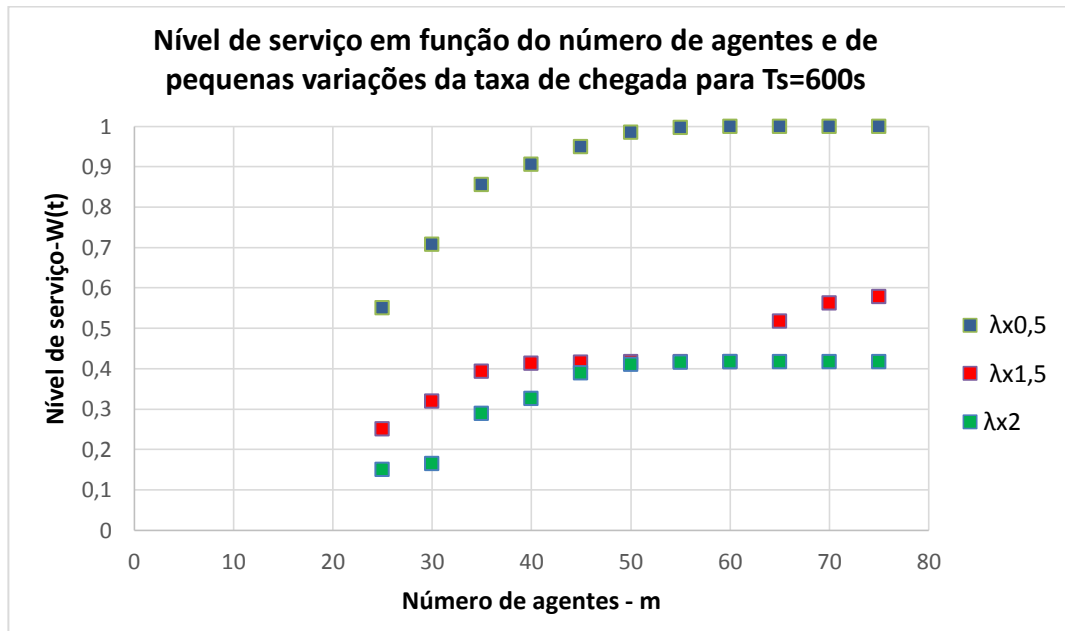


Gráfico 1 - Nível de serviço em função do número de agentes e de pequenas variações da taxa de chegada

Como se pode verificar no Gráfico 1, quanto menor for a taxa de chegada e maior for o número de agentes presentes na linha, o nível de serviço aumenta. Este facto não é de surpreender, pois quantos mais agentes estiverem em linha, mais canais estão abertos para o atendimento ao cliente, os tempos de espera para ser atendido são reduzidos, e os clientes ficam mais satisfeitos.

Porém, verifica-se que ao aumentar a taxa de chegada $\lambda \times 1,5$, o nível de serviço fica em menos de 60%, muito menos do que os 93% pretendidos. Embora a empresa garanta nível de serviço, o tempo de espera dos clientes, para serem atendidos, seria maior à expectativa.

Em seguida, é apresentado o Gráfico 2, que demonstra também o cálculo para o nível de serviço em função do número de agentes, mas para variações elevadas da taxa de chegada, mantendo o $T_s=600s$, mas para uma variação elevada da taxa de chegadas, o número de agentes tem de aumentar drasticamente, para conseguir manter um nível de serviço aceitável. Para a taxa de chegada $\lambda \times 500$, mantendo o $T_s=600s$, ter-se-ia que garantir a presença de 44000 agentes na linha para atingir um nível de serviço de 100%. No contexto do problema, este número de agentes pode ser considerado muito elevado.

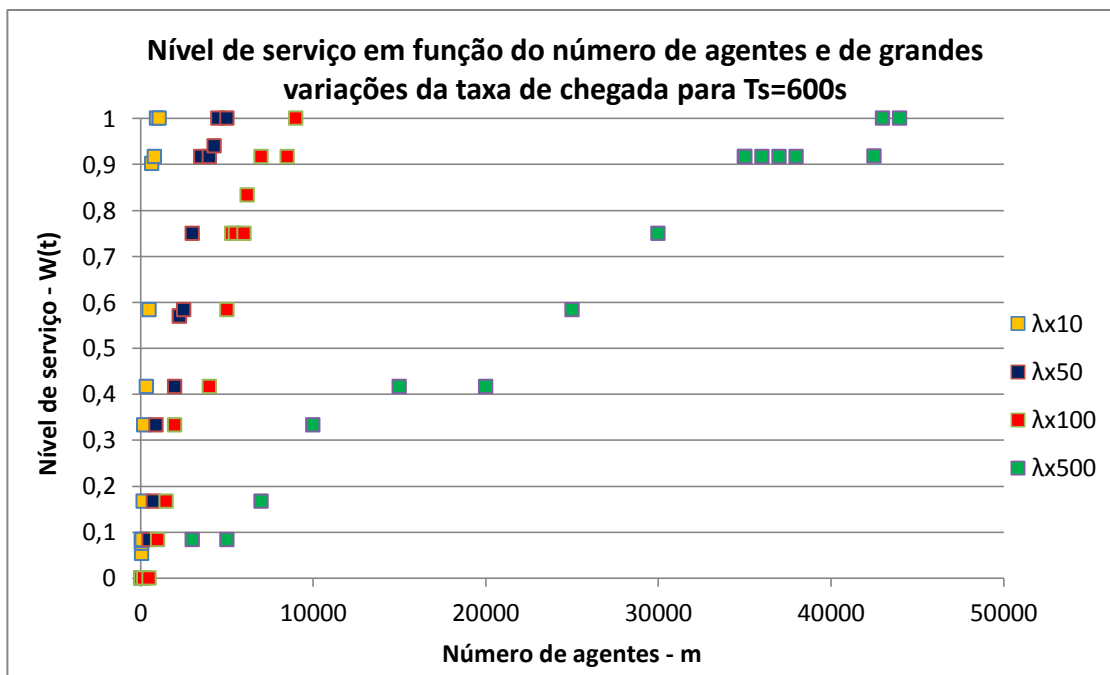


Gráfico 2 - Nível de serviço em função do número de agentes e de grandes variações da taxa de chegada

No Anexo II, são apresentadas as tabelas resumidas dos cálculos do Gráfico 1 e do Gráfico 2.

5.1.2 Relação entre taxa de chegadas e o tempo médio de serviço - $F1=f(1,2)$

A segunda simulação realizada foi $F1=f(1,2)$, através do cálculo do nível de serviço em função da duração média de operação e da variação da taxa de chegada, para uma média de 50 agentes. Nesta situação também se optou, por não variar muito a taxa de chegada, inicialmente, pois, como referido anteriormente, o nível de serviço é muito sensível a essa variação.

O tempo médio de chamada variou entre os 120 segundos (2 minutos) e 3600 segundos (60 minutos). O pretendido é analisar a variação do nível de serviço, mantendo o número de agentes na linha.

Como se verifica no Gráfico 3, à medida que o tempo médio de operação aumenta, o nível de serviço diminui. Esta situação provoca o aumento do tempo médio de espera para a chamada ser atendida, chegando a ser insustentável para uma taxa de chegada $\lambda \times 2$, a partir dos 3600 segundos de tempo médio de chamada. Neste caso, seria necessário aumentar o número de agentes em linha para conseguir manter um nível de serviço aceitável.

Para um tempo de chamada, o valor de 3600 segundos é exagerado neste contexto, embora raramente, estes casos podem acontecer, sobretudo num serviço *helpdesk* para produtos tecnológicos, uma vez que existem pessoas com maior dificuldade em manipular novas tecnologias.

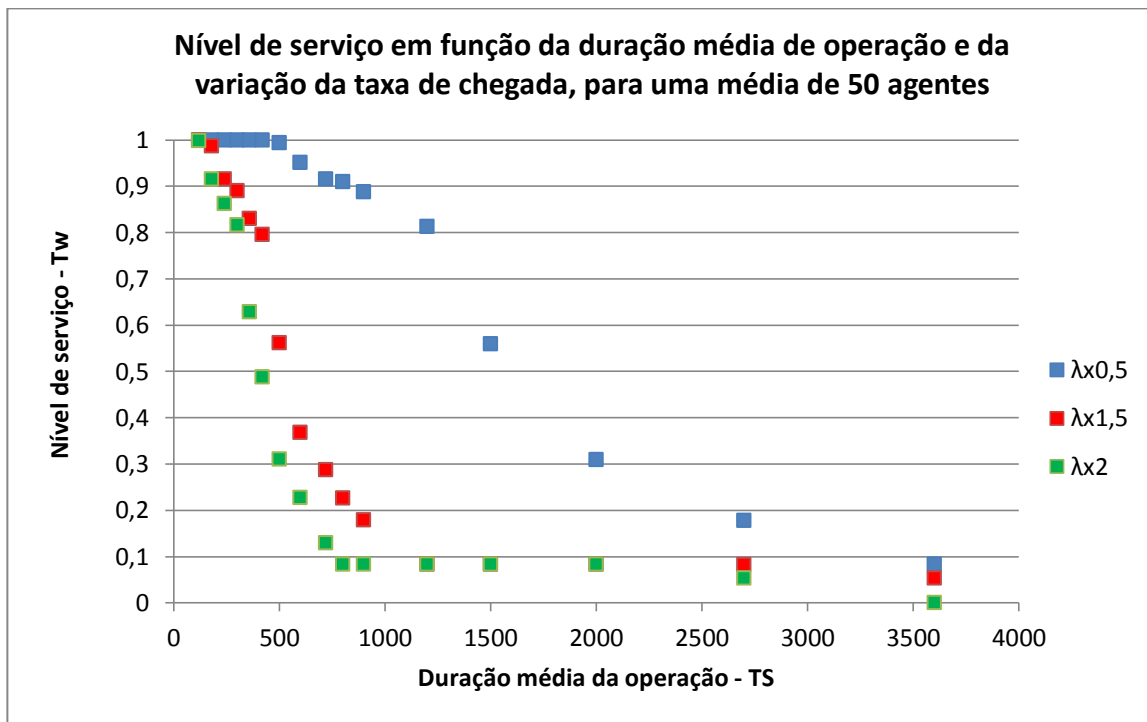


Gráfico 3 - Nível de serviço em função da duração média de operação e pequenas variações da taxa de chegada, para uma média de 50 agentes

Seguidamente, no Gráfico 4, apresenta-se o resultado da simulação para variações elevadas da taxa de chegada, mantendo o número médio de 50 agentes. Neste caso verifica-se um nível de serviço muito abaixo do pretendido, não conseguindo ultrapassar os 25%. Este Gráfico demonstra claramente, a elevada necessidade de aumentar o número de agentes numa situação real.

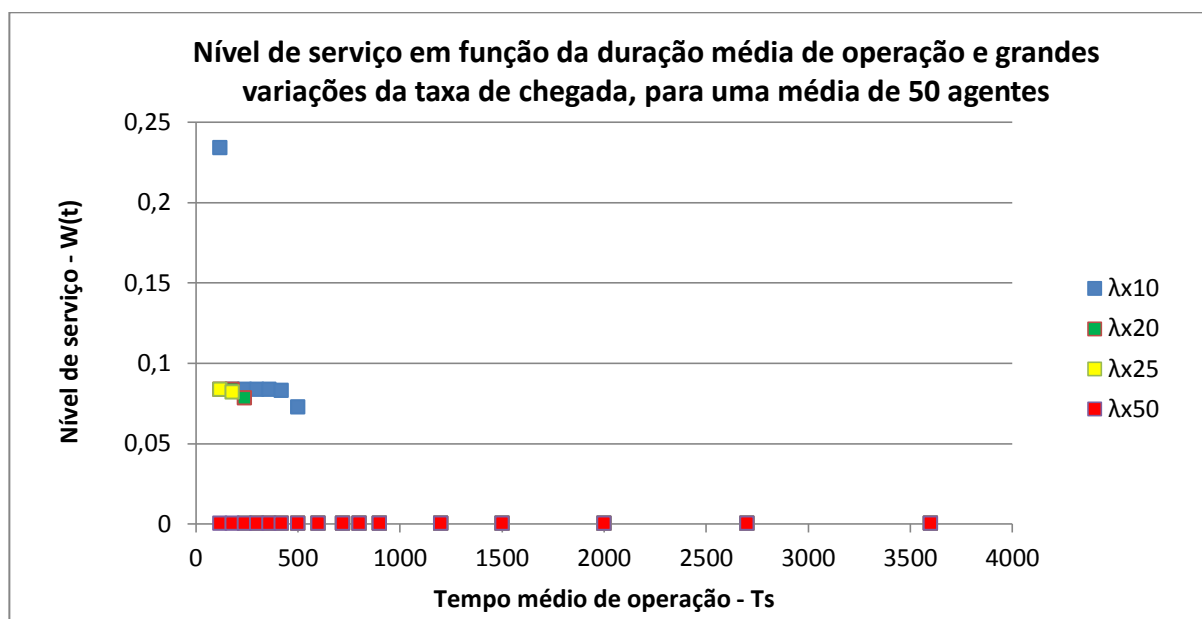


Gráfico 4 - Nível de serviço em função da duração média de operação e grandes variações da taxa de chegada, para uma média de 50 agentes

5.1.3 Relação entre a duração média de serviço e o número de agentes - $F1=f(2,3)$.

A terceira simulação realizada foi $F1=f(2,3)$, cálculo do nível de serviço em função da duração média de operação e de número de agentes.

No Gráfico 5, apresenta-se graficamente o cálculo do nível de serviço em função da duração média de operação e da pequena variação do número de agentes. Neste caso, optou-se por variar o número de agentes entre o valor mínimo do caso real, 25 agentes, e o valor máximo do caso real, 75 agentes.

Analisando o gráfico, verifica-se que o nível de serviço diminui à medida que o tempo de operação aumenta. Mesmo com o valor máximo de 75 agentes em linha, o *call center*, não conseguiria manter o nível de serviço pretendido, a partir de um tempo de operação igual ou superior a 600 segundos.

Em relação ao caso real, pode concluir-se que o *call center*, não está preparado para um caso de variação do tempo médio de operação, caso este aumente.

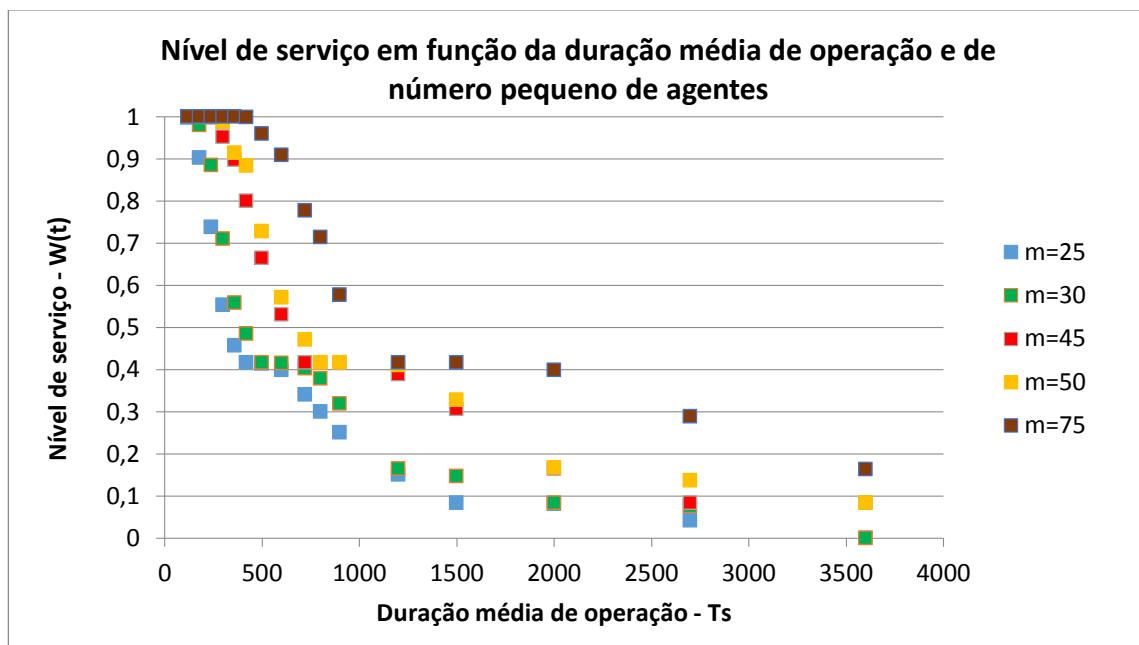


Gráfico 5 - Nível de serviço em função da duração média de operação e de número pequeno de agentes

Perante os resultados anteriores, surgiu a necessidade de repetir a experiência mas para um número de agentes, em linha, mais elevados. Assim, verificou-se que seria necessário ter pelo menos 500 agentes em linha para garantir o nível de serviço até um tempo médio de chamada correspondente a 3600 segundos. O número de agentes seria considerado razoável. Os resultados podem ser consultados no Gráfico 6.

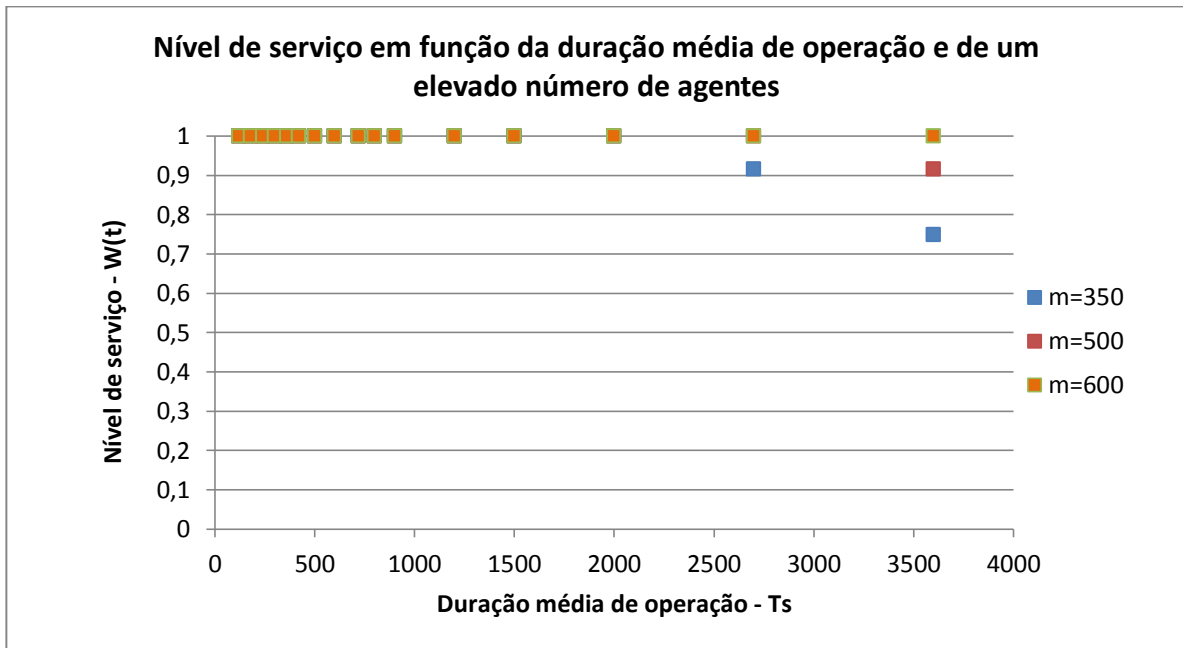


Gráfico 6 - Nível de serviço em função da duração média de operação e de um elevado número de agentes

5.2 F2- Tempo médio de espera

Nesta secção, são apresentados os gráficos resultantes da relação entre as variáveis independentes, para o comportamento do tempo médio de espera para ser atendido. Assim, simularam-se os casos para o tempo médio de espera relacionando a taxa de chegadas e o número de agentes [F2=f (1,3)], a taxa de chegadas e o tempo médio de serviço [F2=f (1,2)], e a duração média de serviço e o número de agentes [F2=f (2,3)].

5.2.1 Relação entre a taxa de chegadas e o número de agentes - F2=f (1,3)

As segundas simulações realizadas, foram a partir da combinação das variáveis independentes 1 e 3 e dos seus efeitos no tempo médio de espera.

A primeira simulação realizada foi F2=f (1,3), cálculo do tempo médio de espera em função do número de agentes e da pequena variação da taxa de chegada, para $T_s = 600$ segundos. Neste caso, o número de agentes variou entre os 25 agentes e os 75 agentes. Como podemos verificar pelo Gráfico 7, à medida que o número de agentes aumenta, o tempo médio de espera diminui, no entanto, consultando o Anexo III, verifica-se que os tempos de espera que se obtém são irrealistas, à medida que a variação da taxa de chegada aumenta. Isto prova, que este caso, seria necessário aumentar drasticamente o número de agentes para obter um tempo médio de espera razoável.

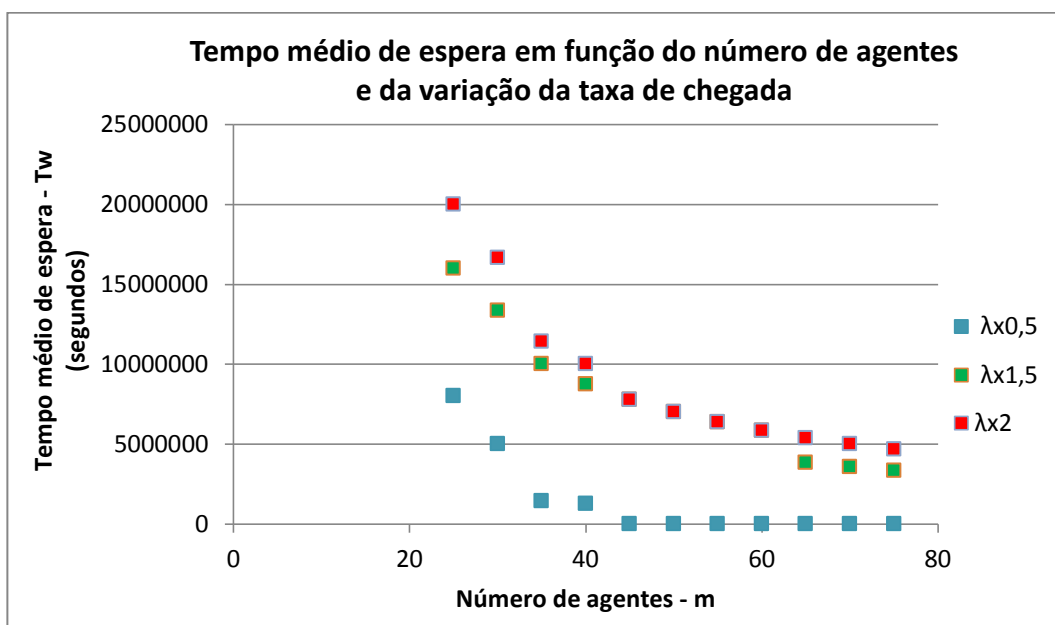


Gráfico 7 - Tempo médio de espera em função do número de agentes e da variação da taxa de chegada

O tempo de espera torna-se tão elevado, que os números tornam-se irrealistas, assim, não fazia sentido realizar-se simulações para maiores variações da taxa de chegada.

5.2.2 Relação entre a taxa de chegadas e a duração média de serviço - $F2=f(1,2)$

A segunda simulação realizada foi $F2=f(1,2)$, para o tempo médio de espera em função da duração média de operação e de pequenas variações da taxa de chegada. Nesta situação, mais uma vez, os valores para o tempo de espera tornam-se tão elevados, que os números tornam-se absurdos. A simulação foi realizada com valores do tempo médio de operação a variar entre os 120 segundos e os 3600 segundos. Os resultados podem ser observados no Gráfico 8.

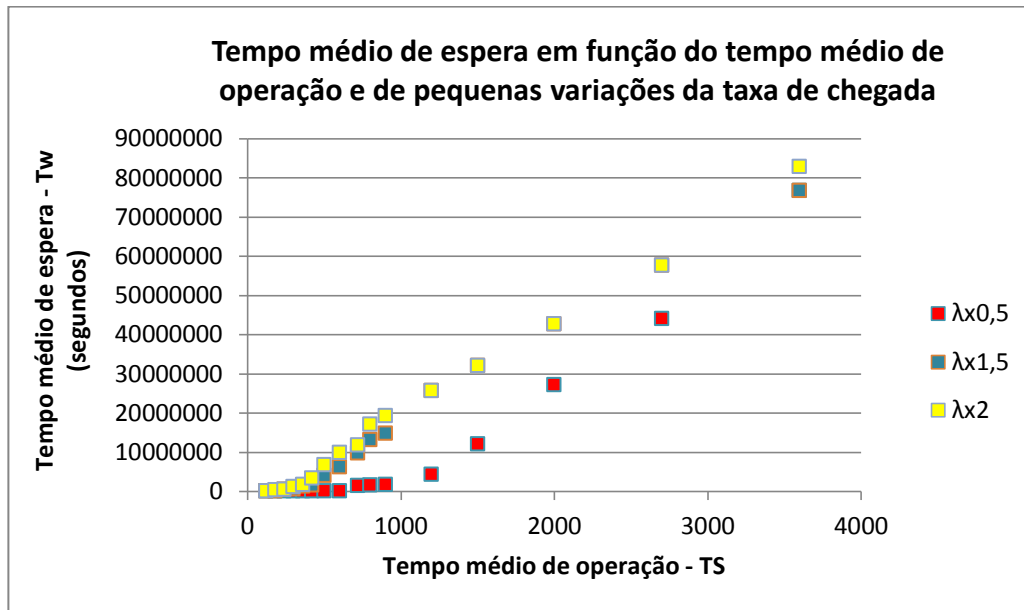


Gráfico 8 - Tempo médio de espera em função do tempo médio de operação e de pequenas variações da taxa de chegada

5.2.3 Relação entre a duração média de serviço e o número de agentes - $F2=f(2,3)$

A terceira simulação realizada foi $F2=f(2,3)$, tempo médio de espera em função do tempo médio de operação e de pequeno número de agentes.

No Gráfico 9, mais uma vez, verifica-se a ocorrência de valores de tempo médio de espera completamente irrealistas. O tempo média de espera é demasiado elevado, mesmo para pequenos tempos médios de operação. O resultado mais detalhado dos valores, pode ser consultado no Anexo III.

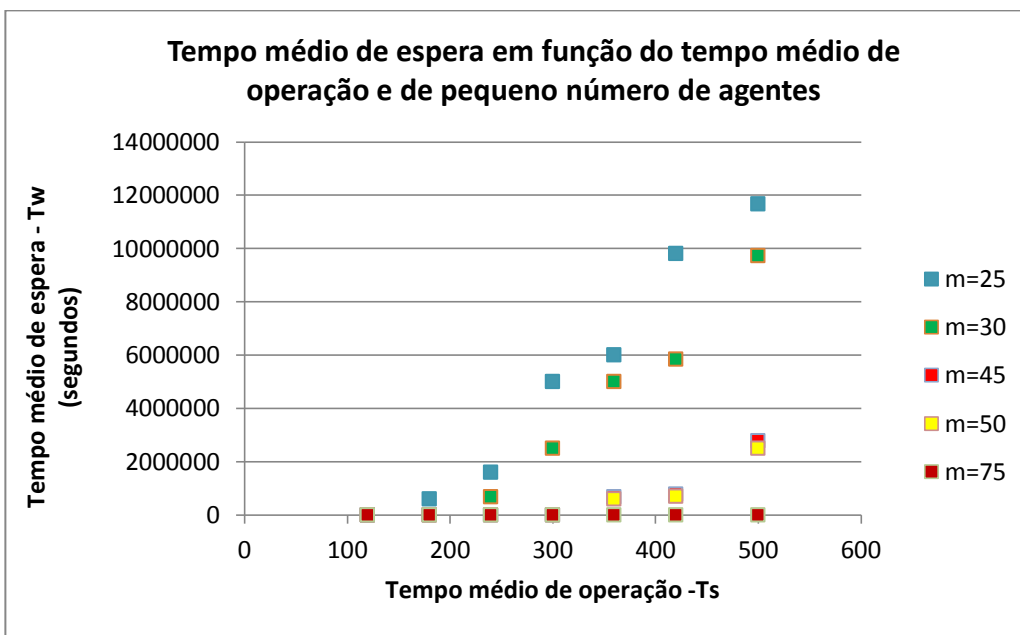


Gráfico 9 - Tempo médio de espera em função do tempo médio de operação e de pequeno número de agentes

Perante os resultados anteriores, surgiu a necessidade de repetir a experiência mas para um número de agentes, em linha, mais elevado. Como mostra o Gráfico 10, verificou-se que seria necessário ter pelo menos 600 agentes em linha para garantir um tempo médio de espera mais razoável. Os resultados podem ser consultados com mais detalhe no Anexo III.

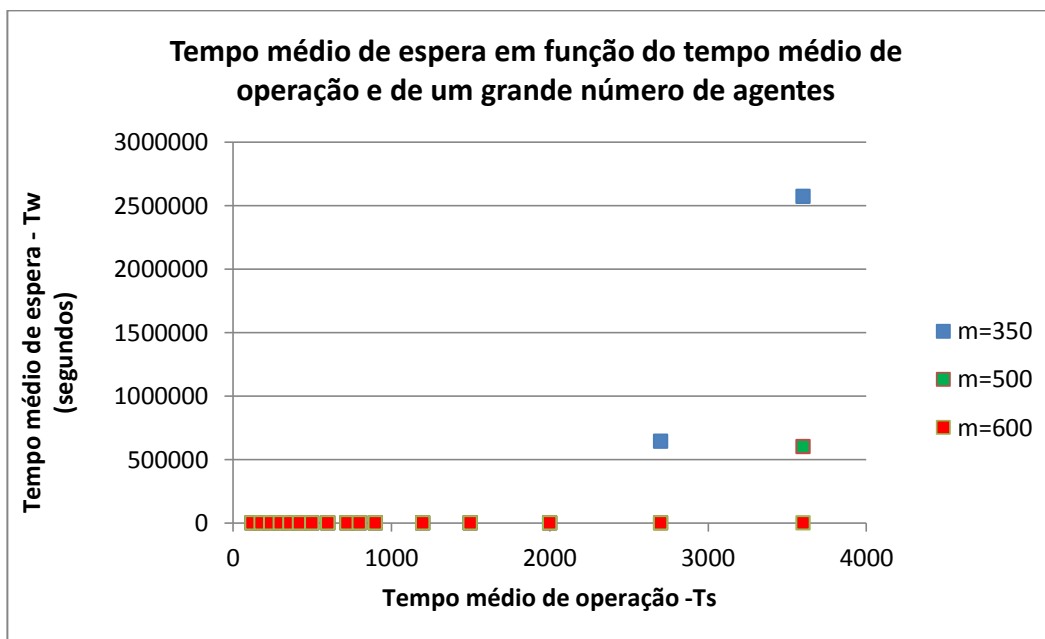


Gráfico 10 - Tempo médio de espera em função do tempo médio de operação e de um grande número de agentes

5.3 F3- Taxa de ocupação dos agentes

Nesta secção, são apresentados os gráficos resultantes da relação entre as variáveis independentes, para o comportamento da taxa de ocupação do agente. Assim, resultaram os gráficos para a taxa de ocupação do agente relacionando a taxa de chegadas e o número de agentes [F3=f (1,3)], a taxa de chegadas e a duração média de serviço [F3=f (1,2)], e a duração média de serviço e o número de agentes [F3=f (2,3)]. As tabelas resumidas dos cálculos podem ser consultadas no Anexo IV.

5.3.1 Relação entre a taxa de chegadas e o número de agentes - F3=f (1,3)

A primeira simulação realizada foi F3=f (1,3), ocupação do agente em função do número de agentes e de pequenas variações da taxa de chegadas, mantendo o $T_s=600s$. Consultando o Gráfico 11, verifica-se que a ocupação do agente diminui à medida que o número de agentes presentes na linha é maior. Este resultado faz todo o sentido, uma vez que quanto mais agentes estiverem na linha, mais canais para atendimento estão abertos, e menor é a carga para cada agente. Verifica-se também, que a ocupação do agente tem valores mais elevados, quanto maior for o valor da variação das taxas de chegada.

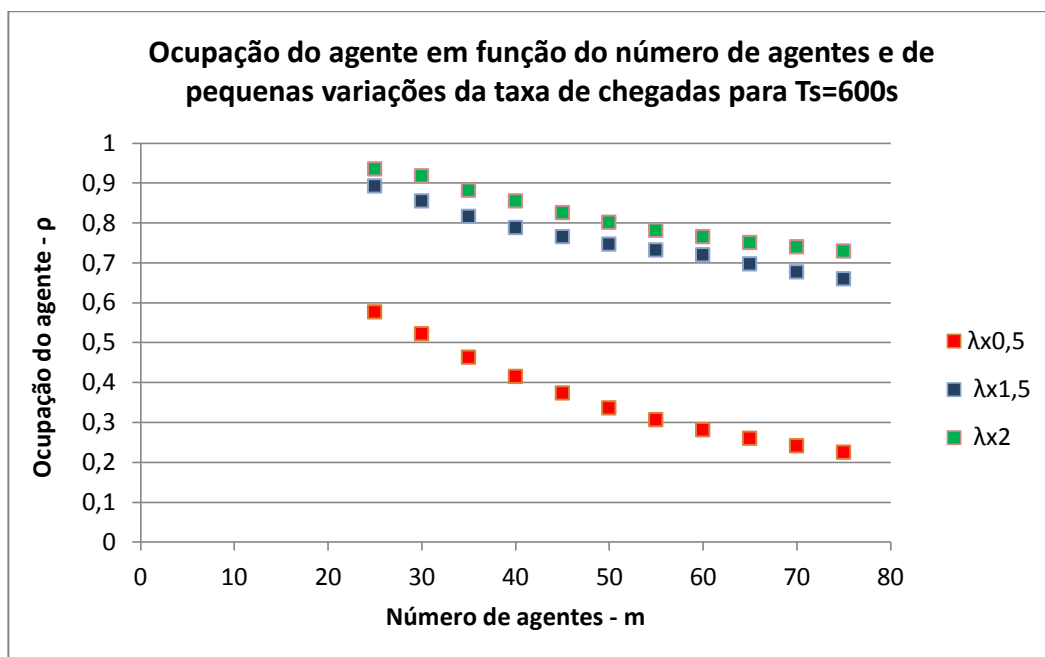


Gráfico 11 – Ocupação do agente em função do número de agentes e de pequenas variações da taxa de chegadas

Perante estes resultados, sentiu-se necessidade de voltar a realizar a simulação, Gráfico 12, mas com valores de variação da taxa de chegada, superiores, para verificar o comportamento e a tendência de evolução do gráfico. Assim, verifica-se que quanto maior for a variação da taxa de chegadas, maior é a

necessidade de número de agentes na linha e a ocupação do agente mantém a tendência de diminuição à medida que o número de agentes aumenta.

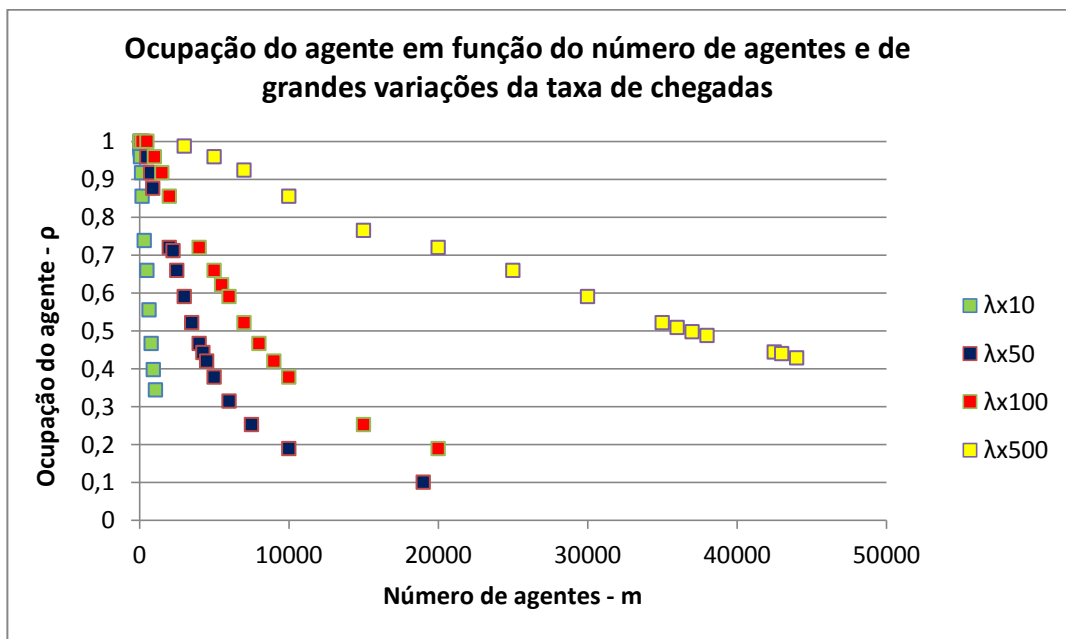


Gráfico 12 - Ocupação do agente em função do número de agentes e de grandes variações da taxa de chegadas

5.3.2 Relação entre a taxa de chegadas e a duração média de serviço - $F3=f(1,2)$

A segunda simulação realizada foi $F3=f(1,2)$, ocupação do agente em função da duração média de operação e de pequenas variações da taxa da chegada, para uma média de 50 agentes. Como se pode verificar no Gráfico 13, a ocupação do agente aumenta à medida que a duração média de operação também aumenta. À medida que a taxa de chegada também varia, a situação começa a tornar-se insustentável, visto que a ocupação dos agentes chega aos 100%, demonstrando que uma média de 50 agentes na linha, torna-se insuficiente.

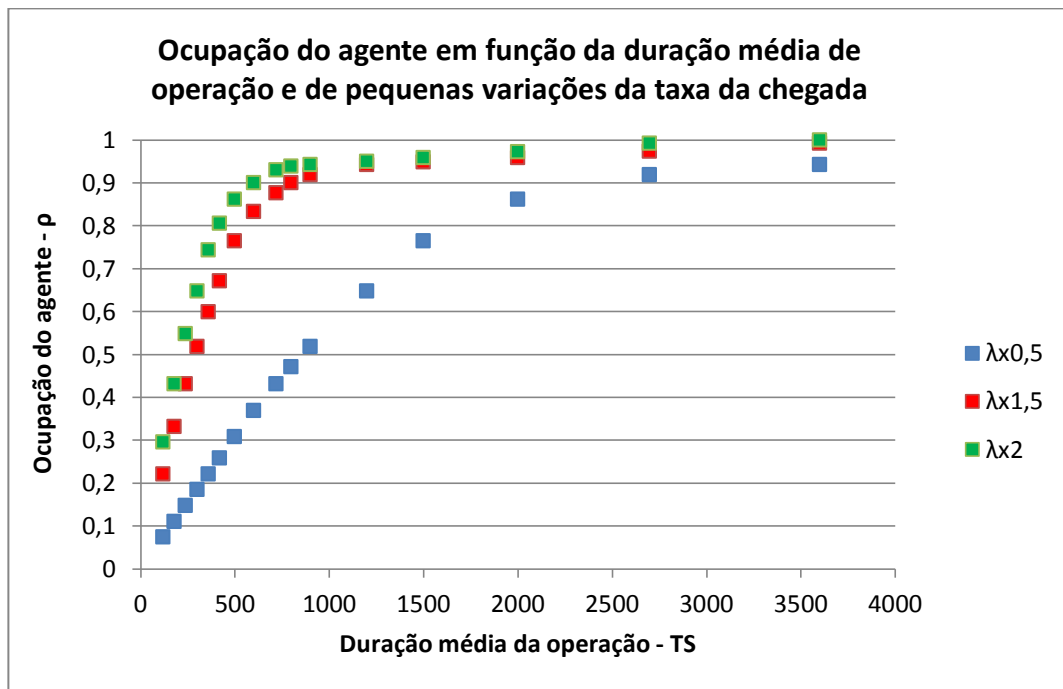


Gráfico 13 - Ocupação do agente em função da duração média de operação e de pequenas variações da taxa da chegada

Assim, no Gráfico 14, apresenta-se graficamente, uma nova simulação no sentido de representar a ocupação do agente em função da duração média de operação, mas com variações maiores da taxa da chegada.

Graficamente, obteve-se o resultado esperado, a ocupação do agente aumenta muito rapidamente à medida que aumenta a taxa de duração média de operação, vindo o aumento da taxa de chegadas, complicar ainda mais a situação. Assim, continua a verificar-se que o número médio de 50 agentes na linha é insuficiente.

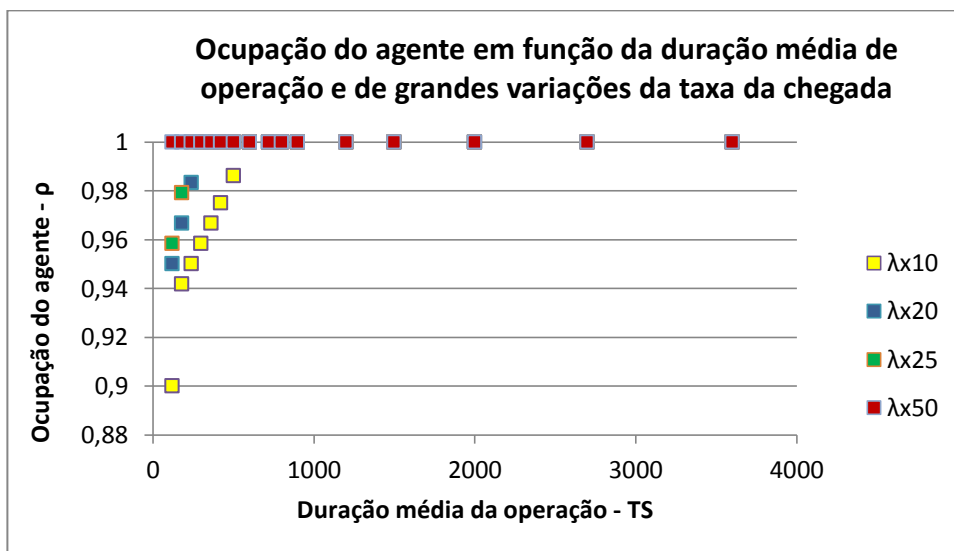


Gráfico 14 - Ocupação do agente em função da duração média de operação e de grandes variações da taxa da chegada

5.3.3 Relação entre a duração média de serviço e o número de agentes - $F3=f(2,3)$

No Gráfico 15, apresenta-se a ocupação do agente em função de duração média de operação e do pequeno número de agentes. Neste gráfico, voltou-se a variar entre os 25 agentes e os 75 agentes. Como se pode verificar, a ocupação do agente aumenta à medida que o tempo médio de operação também aumenta, porém e como seria de esperar, quanto maior for o número de agentes presentes na linha, mais lentamente aumenta a ocupação do agente.

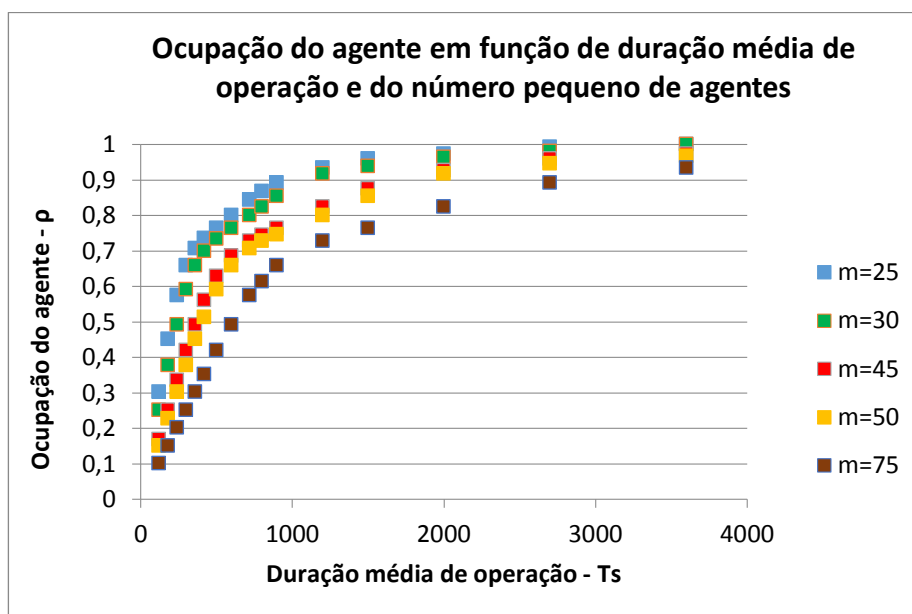


Gráfico 15 - Ocupação do agente em função de duração média de operação e do número pequeno de agentes

No Gráfico 16, repetiu-se a mesma simulação mas com um número de agentes superior: 350, 500 e 600 agentes. Nestas situações verificamos que a ocupação do agente está sempre, nunca atinge valores superiores a 60%. Esta situação permite concluir, que o tempo médio de espera para o cliente ser atendido também será baixo.

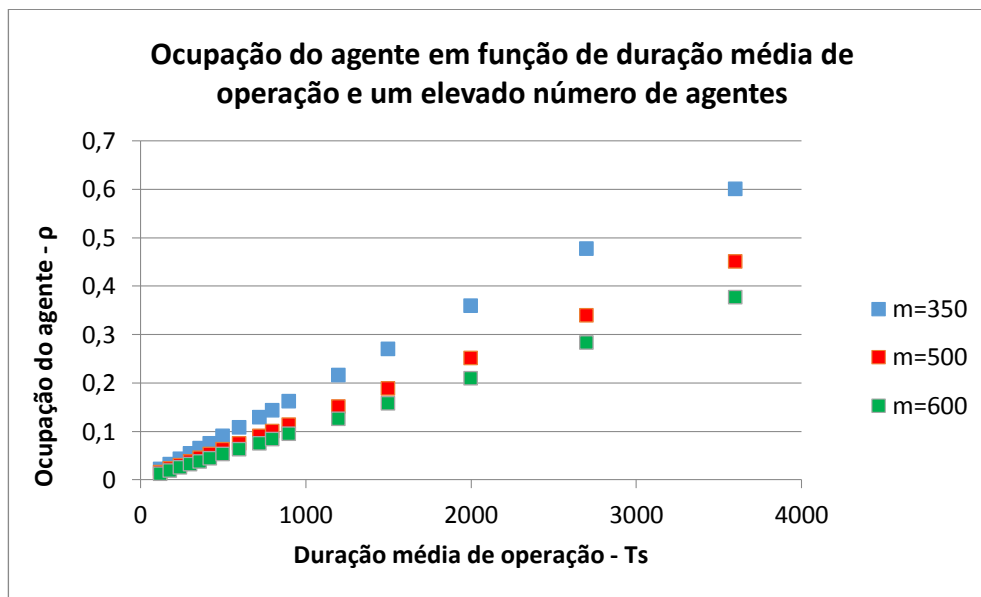


Gráfico 16 - Ocupação do agente em função de duração média de operação e um elevado número de agentes

5.4 F4- Intensidade de tráfego

Nesta secção, são apresentados os gráficos resultantes da relação entre as variáveis independentes, para o comportamento da intensidade de tráfego. Assim, resultaram os gráficos para o cálculo da intensidade de tráfego relacionando a taxa de chegadas e o número de agentes [$F3=f(1,3)$], a taxa de chegadas e a duração média de serviço [$F3=f(1,2)$], e a duração média de serviço e o número de agentes [$F3=f(2,3)$].

As tabelas resumidas dos cálculos podem ser consultadas no Anexo V.

5.4.1 Relação entre a taxa de chegadas e o número de agentes - $F4=f(1,3)$

No Gráfico 17 e no Gráfico 18, pretendia-se mostrar e analisar, qual o impacto da relação entre a variação da taxa de chegada e a variação do número de agentes, na intensidade do tráfego. Nos respectivos gráficos, consegue-se verificar que não existe correlação entre as variáveis dependentes, no cálculo da intensidade de tráfego. Os valores são sempre idênticos para determinada taxa de chegada,

independentemente da variação do número de agentes. Este resultado faz todo o sentido uma vez, que a intensidade de tráfego é dada pela taxa de chegada a multiplicar pelo tempo médio de operação.

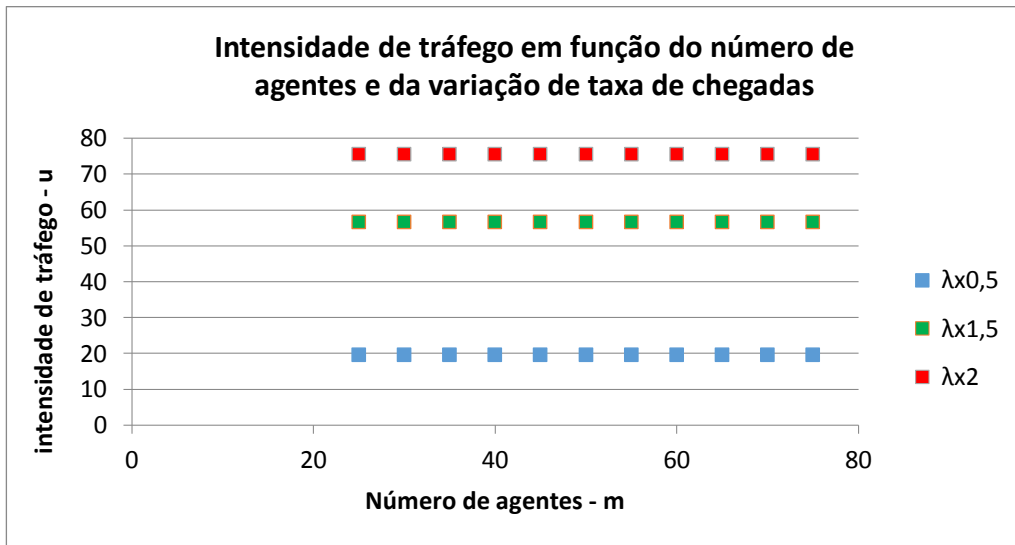


Gráfico 17 - Intensidade de tráfego em função do número de agentes e da pequena variação de taxa de chegadas

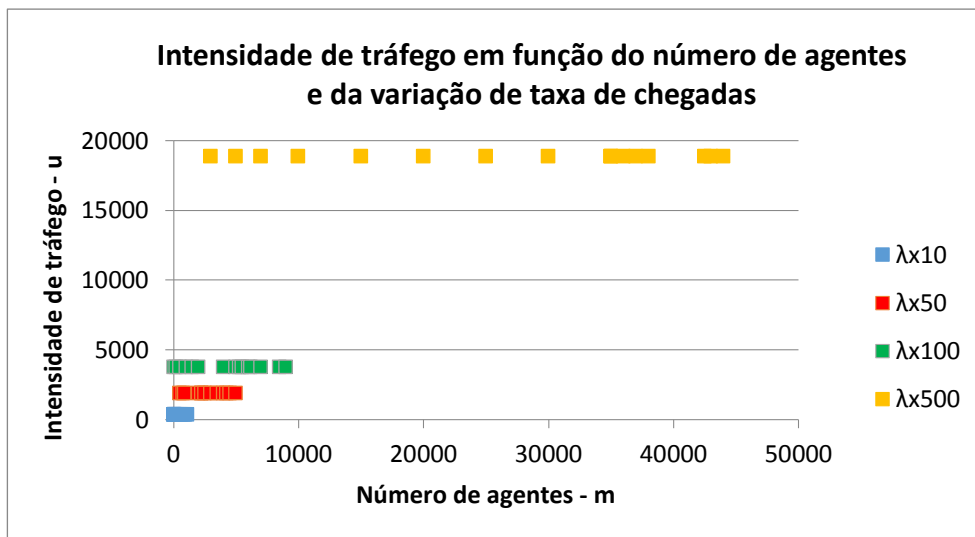


Gráfico 18 - Intensidade de tráfego em função do número de agentes e da grande variação de taxa de chegada

5.4.2 Relação entre a taxa de chegadas e a duração média de serviço - $F4=f(1,2)$

No Gráfico 19 e no Gráfico 20, verifica-se o mesmo comportamento da função da intensidade de tráfego, quando são relacionados o tempo médio de operação e a variação da taxa de chegadas para pequenos e grandes valores. A intensidade de tráfego aumenta, à medida que aumenta o tempo médio de operação e a variação da taxa de chegadas. Este resultado era espectável, tendo em conta a definição da intensidade de tráfego.

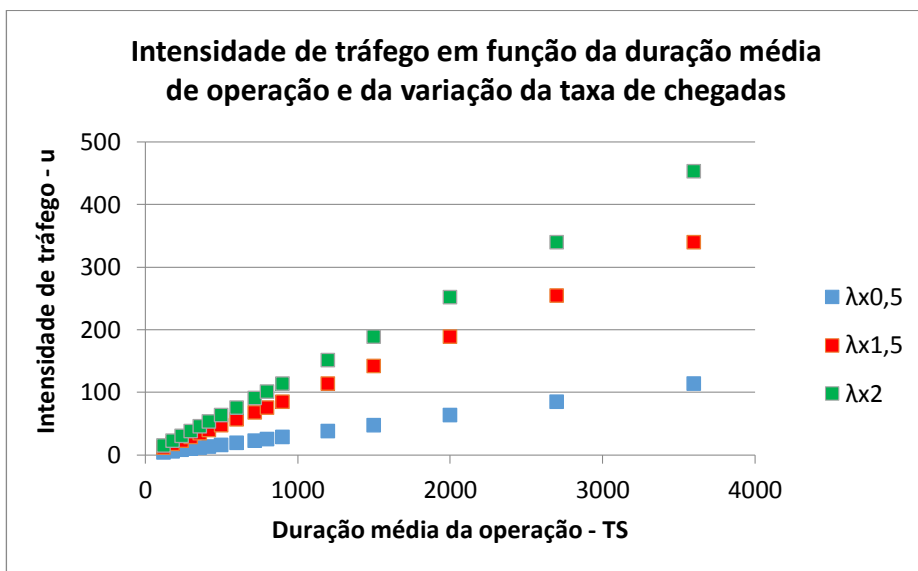


Gráfico 19 - Intensidade de tráfego em função da duração média de operação e da pequena variação da taxa de chegadas

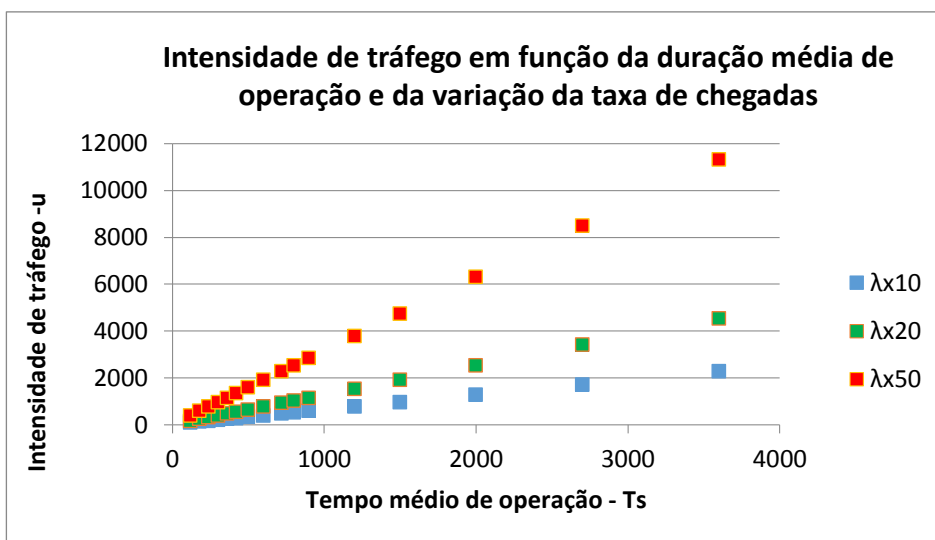


Gráfico 20 - Intensidade de tráfego em função da duração média de operação e da grande variação da taxa de chegadas

5.4.3 Relação a duração média de serviço e o número de agentes - $F4=f(2,3)$

Por último, no âmbito do cálculo da intensidade de tráfego em função da duração média de operação e da variação do número de agentes, foram gerados os Gráficos 21 e 22. Na representação destes gráficos, é possível verificar que a intensidade de tráfego é sempre a mesma para um dado valor da duração média de operação, independentemente do número de agentes presentes na linha. Tendo em conta que a intensidade de tráfego é dada pela taxa de chegada a multiplicar pelo tempo médio de operação, este resultado faz todo o sentido, pois, o número de agentes na linha, em nada altera a intensidade de tráfego.

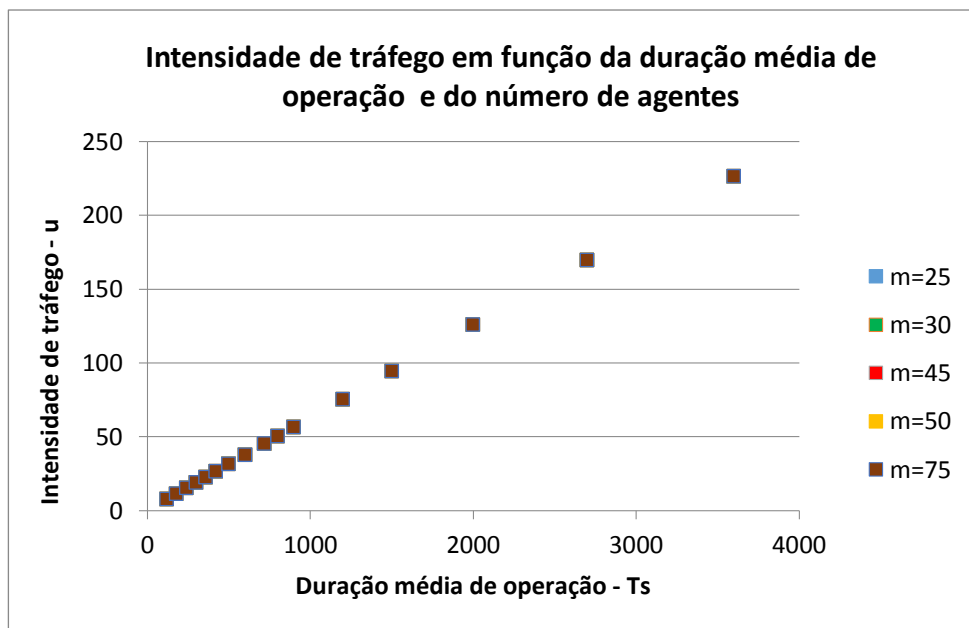


Gráfico 21 - Intensidade de tráfego em função da duração média de operação e do pequeno número de agentes

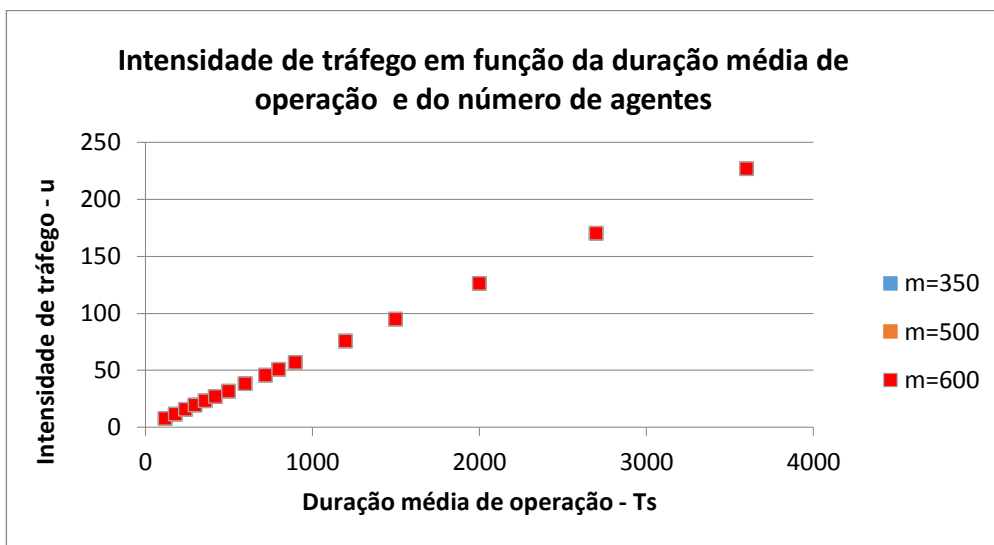


Gráfico 22 - Intensidade de tráfego em função da duração média de operação e do elevado número de agentes

6. APLICAÇÃO DE SERVIÇOS DE BROKERING PARA EMPRESAS VIRTUAIS E SISTEMAS DE MANUFACTURA AVANÇADOS

Como foi referido, o *broker* é o principal agente de agilidade nas empresas virtuais.

Um *call center* pode ser visto como uma forma organizacional para a implementação de serviços de *brokering* quer para empresas virtuais quer para sistemas de manufactura avançados.

Os principais actores numa empresa virtual são os clientes, os *brokers*, e os prestadores de serviços. Assim, os serviços de *brokering* em empresas virtuais poderiam ser prestados pelos *brokers* existentes na rede, para por exemplo seleccionar um ou mais recursos (prestadores de serviços) que satisfizessem as necessidades de um determinado cliente.

Este tipo de forma organizacional pode ser também modelada de acordo com a fórmula de Erlang C por forma a avaliar quantos agentes/brokers são necessários para atingir o nível de serviço de quase 100%.

Como forma de validação dos call center como forma organizacional de implementação de serviços de brokering para empresas virtuais, modelou-se um caso de estudo de Brunnermeier & Martin (1999).

Tendo em conta o caso de estudo de Brunnermeier & Martin (1999), estima-se que ocorram 453 000 mudanças de produto por ano dentro da empresa e entre a empresa e os fornecedores de serviços. Estas mudanças de produto podem ser traduzidas em necessidades de serviço (vistas no call center como uma chamada), o que representa um intervalo de 50 segundos por pedido de serviço, caso a empresa trabalhe 24 horas por dia, ou um intervalo de 17 segundos, caso a empresa opere 8 horas por dia. Deste modo, para o caso da empresa funcionar 24 horas por dia, a taxa de chegada é dada por:

$$\lambda = \frac{1}{17} = 0,06$$

e para o caso da empresa funcionar 8 horas por dia, a taxa de chegada é dada por:

$$\lambda = \frac{1}{50} = 0,02$$

Assim, à semelhança da análise feita para o call center (capítulo 5) realizaram-se diversas simulações para este caso de estudo da manufactura, com estas taxas de chegada fixas (para 0,06 e 0,02).

6.1 F1- Nível de serviço

A primeira simulação realizada para este caso de estudo foi F1=f (1,2), cálculo do nível de serviço em função da duração média de operação, T_s , e das taxas de chegadas, $\lambda=0,02$ e $\lambda=0,06$. Como não é descrito no caso, qual é a duração média de operação, mantiveram-se os valores usados nas simulações do Capítulo 5, com valores de T_s a variar entre os 120 segundos e os 3600 segundos. Também se manteve o número de agentes, numa média de 50 agentes em linha. Os resultados das simulações obtidos, podem ser verificados no Anexo VI. No Gráfico 23, está representado o resultado da simulação, sendo possível verificar que à medida que o tempo médio de operação aumenta, o nível de serviço diminui. Para a taxa de chegada $\lambda=0,02$, tempo de serviço superior a 1200 segundos, com um número de 50 agentes, a empresa não consegue manter um nível de serviço acima dos 90%. Estes dados indicam que para manter a mesma taxa de chegada e o nível de serviço, seria automaticamente necessário aumentar o número de agentes.

Situação semelhante ocorre para uma taxa de chegada de $\lambda=0,06$, só que nesta situação o tempo médio de operação desce para cerca de 550 segundos, onde a partir deste valor, a empresa não consegue manter nível de serviço acima dos 90%. Aqui mais uma vez, seria necessário aumentar o número de agentes, para manter a mesma taxa de serviço e manter um nível de serviço elevado.

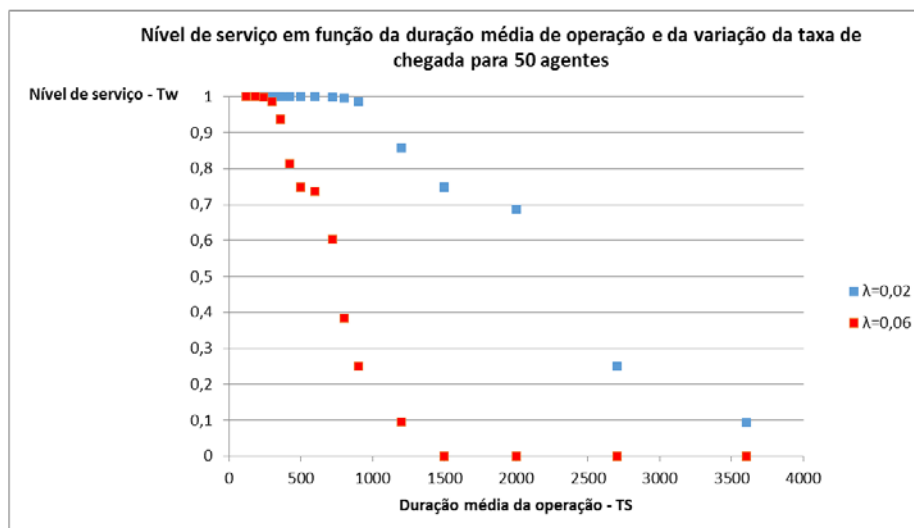


Gráfico 23 - Nível de serviço em função da duração média de operação e da variação da taxa de chegada para 50 agentes

A segunda simulação realizada para este caso de estudo foi F1=f (1,3), cálculo do nível de serviço em função do número de agentes, m , e das taxas de chegadas, $\lambda=0,02$ e $\lambda=0,06$. Como não é descrito no caso, qual é a duração média de operação, manteve-se o valor usado fixo de 600s usado em algumas simulações do Capítulo 5.

Para esta situação do cálculo do nível de serviço, as simulações foram realizadas com o número de agentes a variar entre os 25 agentes e os 75 agentes. À medida que o número de agentes aumenta, o nível de serviço também aumenta. Os resultados das simulações obtidos podem ser verificados no Anexo VI. Observando o Gráfico 24, verifica-se que para a taxa de chegada $\lambda=0,02$, o número de 25 agentes, conseguiria manter um nível de serviço muito perto dos 100%. Já para uma taxa de chegada de $\lambda=0,06$, seria necessário ter pelo menos 45 agentes para manter um nível de serviço acima dos 90%. Mantendo as taxas de chegada e o tempo médio de operação, 50 agentes conseguiria manter o nível de serviço muito elevado em ambas as situações.

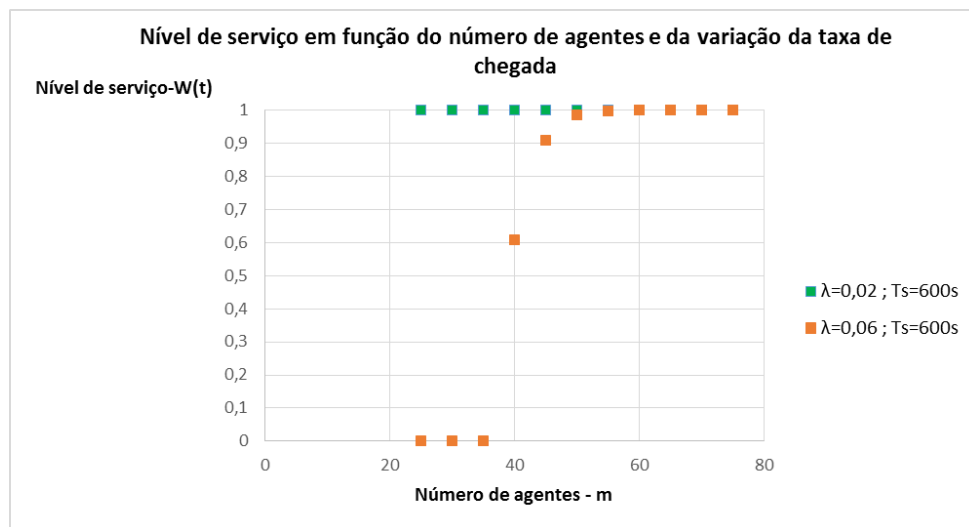


Gráfico 24 - Nível de serviço em função do número de agentes e da variação da taxa de chegada

6.2 F2- Tempo médio de espera

A terceira simulação realizada para este caso de estudo foi F2=f (1,3), cálculo do tempo médio de espera em função do número de agentes, m, e das taxas de chegadas, $\lambda=0,02$ e $\lambda=0,06$. Como não é descrito no caso, qual é a duração média de operação, manteve-se o valor usado fixo de 600s usado em algumas simulações do Capítulo 5.

Para esta situação, as simulações foram realizadas com o número de agentes a variar entre os 25 agentes e os 75 agentes. À medida que o número de agentes aumenta, o tempo médio de espera diminui. Esta tendência já seria de esperar tendo em conta que a duração média de operação é fixa.

No entanto, é importante salientar que para uma taxa de chegada de $\lambda=0,02$, o tempo de espera está sempre próximo de 0 segundos, independentemente da quantidade de agentes do intervalo que foi escolhido. Já para uma taxa de chegada de $\lambda=0,06$, é possível verificar que há um pico de tempo de espera acima dos 60 segundos, este tempo começa a diminuir a partir de 45 agentes, atingindo

valores de tempo de espera muito próximos dos 0 segundos. Esta situação encontra-se representada no Gráfico 25.

As tabelas resumidas dos cálculos podem ser consultadas no Anexo VII.

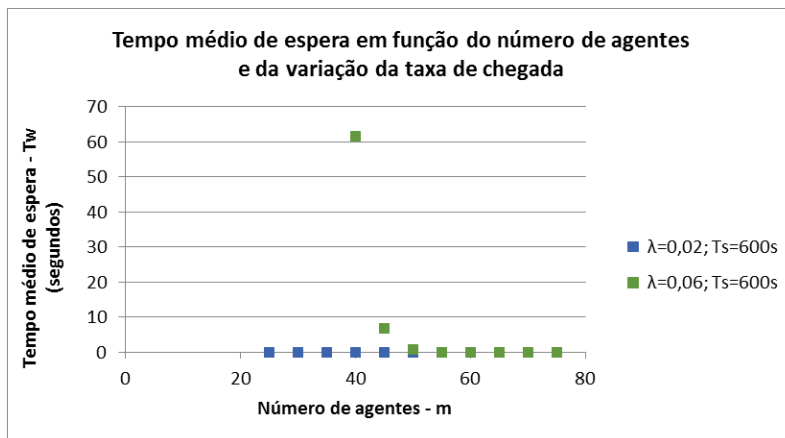


Gráfico 25- Tempo médio de espera em função do número de agentes e da variação da taxa de chegada

6.3 F3- Taxa de ocupação dos agentes

A quarta simulação realizada para este caso de estudo foi F3=f (1,2), cálculo da taxa de ocupação de agentes em função da duração média de operação, T_s , e das taxas de chegadas, $\lambda=0,02$ e $\lambda=0,06$. Para esta situação, manteve-se o número médio de 50 agentes.

À medida que a duração média de operação aumenta, a taxa de ocupação de agentes também aumenta. Verifica-se pelo Gráfico 26, que para uma taxa de chegada de $\lambda=0,06$, a situação começa a ser insustentável a partir dos 1000 segundos de tempo médio de operação. Nesta situação, o ideal seria aumentar o número de agentes

Já para uma taxa de chegada de $\lambda=0,02$, verifica-se que a taxa de ocupação do agente começa a torna-se sufocante, perto dos 3000 segundos de tempo médio de operação.

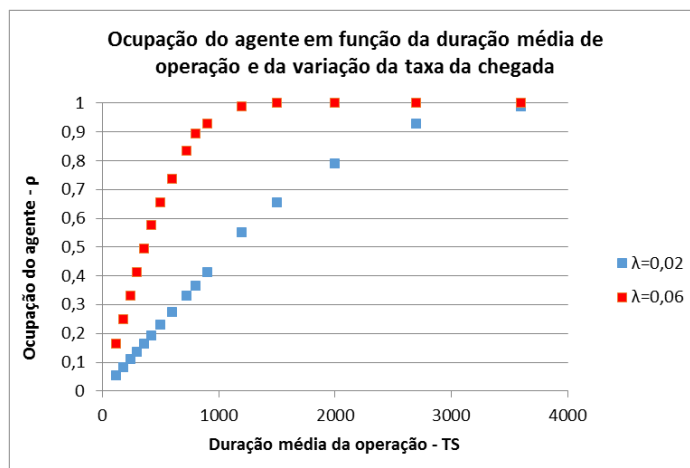


Gráfico 26 - Ocupação do agente em função da duração média de operação e da variação da taxa da chegada

A quinta simulação realizada para este caso de estudo foi $F3=f(1,3)$, cálculo da taxa de ocupação de agentes em função do número de agentes e das taxas de chegadas, $\lambda=0,02$ e $\lambda=0,06$. Para esta situação, manteve-se o tempo médio de operação em 600 segundos. O número de agentes continua a variar entre os 25 agentes e os 75 agentes.

À medida que o número de agentes aumenta, a taxa de ocupação de agentes diminui. Verifica-se pelo Gráfico 27, que para uma taxa de chegada de $\lambda=0,02$, a taxa de ocupação de agentes nunca ultrapassa os 50 %, o que também permite concluir que nesta situação, o tempo de espera também será muito baixo.

Já para uma taxa de chegada de $\lambda=0,06$, verifica-se que a taxa de ocupação do agente é insustentável até 35 agentes unicamente em linha. Só quando o número de agentes aumenta, a partir dos 45 agentes, a taxa de ocupação diminui e conseqüentemente diminui também o tempo de espera. Para esta situação, o ideal seria ter sempre 45 agentes no mínimo, para conseguir sustentar esta taxa de chegadas com este tempo médio de operação.

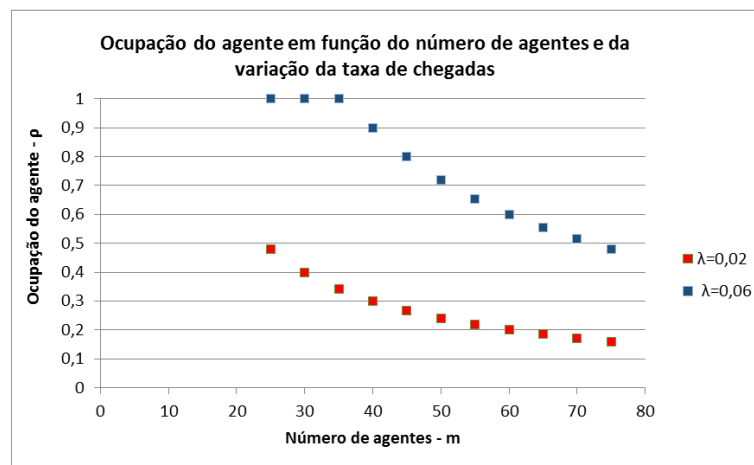


Gráfico 27 - Ocupação do agente em função do número de agentes e da variação da taxa de chegadas

A sexta simulação realizada para este caso de estudo foi $F3=f(2,3)$, cálculo da taxa de ocupação de agentes em função do número de agentes e duração média do tempo de operação, para um a taxa de chegada $\lambda=0,06$. Os diferentes números fixos de agentes utilizados foram de 25, 50 e 75 agentes.

Nesta situação, verifica-se que para o máximo de 75 agentes, a duração média de operação não deveria ser superior a 1200 segundos, tanto para o bem do agente como para o cliente. Nesta situação, o agente começa a sentir efeitos de saturação, já para o cliente, o tempo médio de espera começa a ser elevado. A situação encontra-se representada no Gráfico 28.

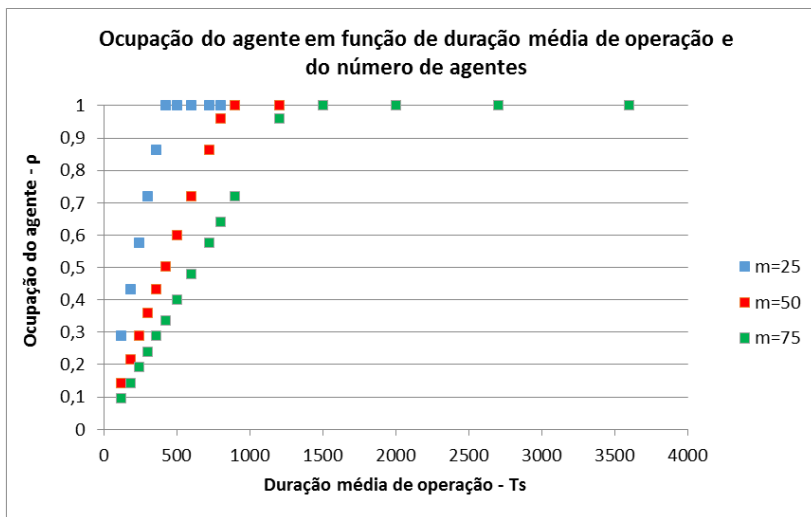


Gráfico 28 - Ocupação do agente em função de duração média de operação e do número de agentes para $\lambda=0,06$

A sétima simulação realizada para este caso de estudo foi $F3=f(2,3)$, cálculo da taxa de ocupação de agentes em função do número de agentes e duração média do tempo de operação, para um a taxa de chegada $\lambda=0,02$. Os diferentes números fixos de agentes utilizados foram de 25, 50 e 75 agentes.

A situação encontra-se representada no Gráfico 29. Nesta situação, verifica-se que para o máximo de 75 agentes, a duração média de operação não deveria ser superior a 3200 segundos. Para um número máximo de 25 agentes, a duração média de operação não deveria ser superior a 1100 segundos., tanto para o bem do agente como para o cliente. Nesta situação, o agente começa a sentir efeitos de saturação, e para o cliente o tempo médio de espera começa a ser elevado.

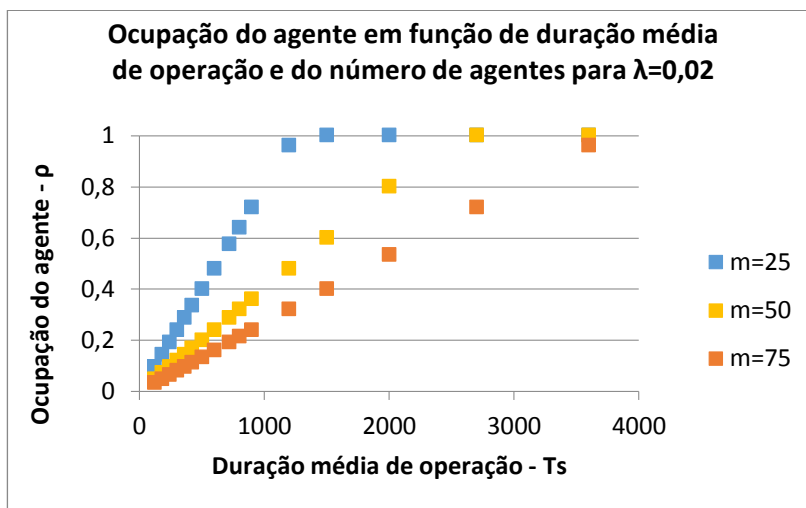


Gráfico 29 - Ocupação do agente em função de duração média de operação e do número de agentes

As tabelas resumidas dos cálculos podem ser consultadas no Anexo VIII.

6.4 F4- Intensidade de tráfego

A oitava simulação realizada para este caso de estudo foi $F4=f(1,2)$, cálculo da intensidade de tráfego em função da duração média do tempo de operação e da para um a taxa de chegada $\lambda=0,02$ e $\lambda=0,06$, para uma média de 50 agentes.

Nesta situação, verifica-se que a intensidade de tráfego aumenta à medida que o tempo de operação também aumenta.

A situação encontra-se representada no Gráfico 30. A tendência das rectas do gráfico era espectável, tendo em conta que a definição de intensidade de tráfego é dada pela multiplicação da taxa de chegada pelo tempo médio de operação.

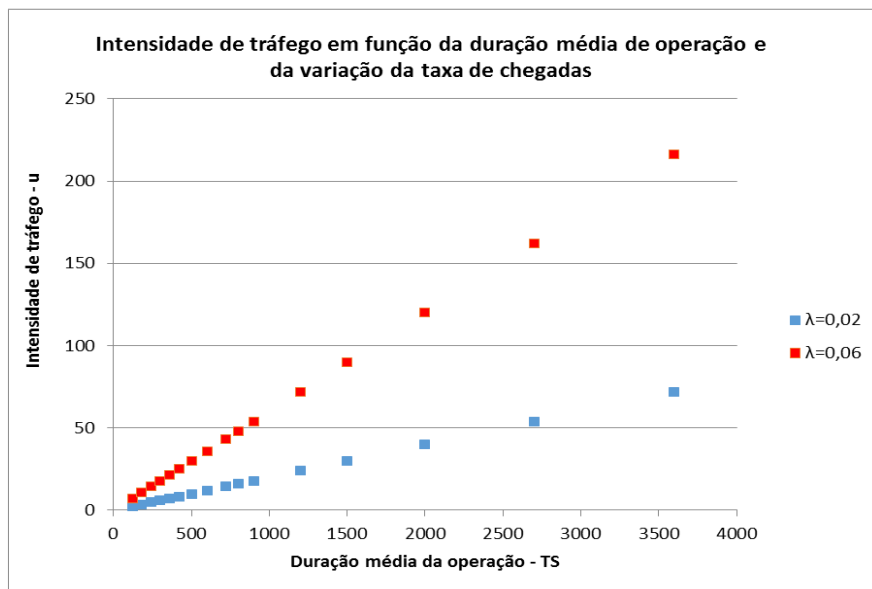


Gráfico 30 - Intensidade de tráfego em função da duração média de operação e da variação da taxa de chegadas, para 50 agentes

A nona simulação realizada, representada no gráfico 31, para este caso de estudo foi $F4=f(1,3)$, cálculo da intensidade de tráfego em função do número de agentes e das taxas de chegada $\lambda=0,02$ e $\lambda=0,06$, para um tempo médio de operação de 600 segundos.

Nesta situação, verifica-se que a intensidade de tráfego se mantém independentemente do número de agentes presentes. A tendência das rectas do gráfico era espectável, tendo em conta que a definição de intensidade de tráfego é dada pela multiplicação da taxa de chegada pelo tempo médio de operação.

As tabelas resumidas dos cálculos podem ser consultadas no Anexo IX.

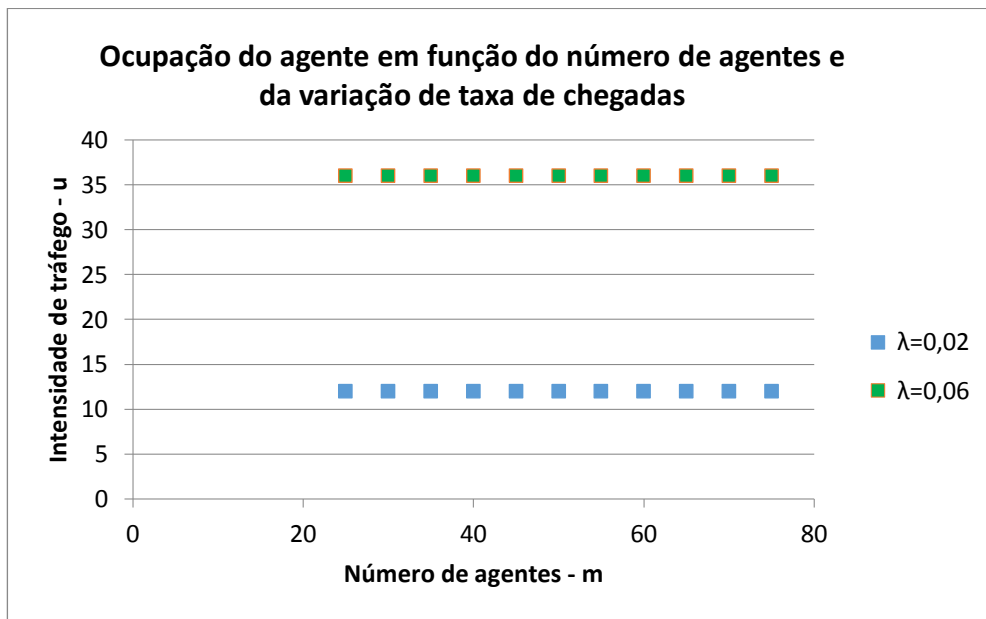


Gráfico 31 – Intensidade de tráfego em função do número de agentes e da variação de taxa de chegadas

Assim, após a realização das experiências, verifica-se que a variável dependente tempo médio de espera, T_w , é a variável mais sensível a alterações das variáveis independentes. Variando qualquer uma das variáveis independentes, o valor do tempo médio de espera atinge valores muito elevados, que de ponto de vista real, traduzir-se-ia em meses de espera. Por outro lado, também é possível verificar que a utilização deste método permite sobretudo ter uma visão mais ampla da forma como se pode melhorar e quais as variáveis que se podem mais facilmente manipular de forma a obter o nível de serviço pretendido.

7. CONCLUSÃO

O objectivo inicial desta dissertação era o desenvolvimento de um serviço de brokering para empresas virtuais tendo como base a forma organizacional de um call center. Para tal objectivo, analisou-se um caso real de um call center e procedeu-se à sua modelação. Considerando a modelação do call center do caso real constatou-se que é possível mapear a análise feita, através da fórmula de Erlang C, para um caso da manufactura.

Deste modo, e de acordo com o trabalho desenvolvido, pode concluir-se que as chamadas podem ser vistas como pedidos de serviço de um cliente (na manufactura). Os *brokers*, tanto no call center como na manufactura, podem ser vistos, como os agentes que procuram os prestadores de serviços (ou recursos) para a execução de um determinado serviço. A resposta às chamadas podem ser vistas como os serviços prestados dentro da manufactura.

Conforme descrito nesta dissertação, a modelação do *call center* como forma organizacional visa ajudar e agilizar as necessidades das empresas na prestação de serviços. Assim, um dos desenvolvimentos futuros passaria pela construção de uma plataforma capaz de integrar os *brokers* para prestação dos serviços vindos das empresas. Esta plataforma permitiria um rápido atendimento às necessidades das empresas, contribuindo para a sua sustentabilidade e competitividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- André, A. P. (2008). Outsourcing SI: Riscos e benefícios para as organizações. *Tese de Mestrado*. Universidade Técnica de Lisboa.
- Araújo, G.M. (1997), Empresa Virtual: Uma estrutura organizacional
- Aubert, B. A., Patry, M., & Rivard, S. (2005). A framework for information technology outsourcing risk management. *ACM SIGMIS Database*, 9-28.
- Ávila, P., Putnik, G.D., Cunha, M.M. (2002), Brokerage Function in Agile/Virtual Enterprise Integration-A Literature Review, in: Camarinha-Matos (Ed.) Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises, Kluwer Academic Publishers, Boston, pp.65-72
- Azevedo, A. L. (2000). A emergência da empresa Virtual e os requisitos para os sistemas de informação. *Gestao & Producao*, v.7, n.3, 208-225.
- Brunelle, E. (2003), Entreprises virtuelles ou virtualité dans les entreprises?, *Gestion* 2003/2 (Vol.28), pp.41-47
- Brunnermeier, S. B., & Martin, S. A. (1999). *Interoperability Cost Analysis of the U.S. Automotive Supply Chain*. North Carolina 27709-2194 USA: 3040 Cornwallis Road, Post Office Box 12194, Research Triangle Park.
- Cambridge Dictionaries online (a) (s.d.). Obtido em 12 de Maio de 2015, de Cambridge Dictionaries online: <http://dictionary.cambridge.org/pt/dicionario/ingles/virtual-enterprise?a=business-english>
- Cambridge Dictionaries online.(b) (s.d.). Obtido em 12 de Maio de 2015, de Cambridge Dictionaries online: <http://dictionary.cambridge.org/pt/dicionario/ingles/broker>
- Cunha, M.M. & Putnik, G.D. (2006) Agile Virtual Enterprises: Implementaion and Management Support, A review on Virtual enterprises Models, IGI Global, pág.55
- Dicionário Porto Editora (s.d.) Broker. Dicionário da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico. Porto: Porto Editora, 2003-2015. Obtido em 20 de Junho de 2015. Disponível na Internet:<http://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/broker>
- Dictionnaires Larousse (s.d.). Obtido em 15 de Maio de 2015, de Larousse: http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/courtier_courti%C3%A8re/19967
- Fischli, I. R. (April/May de 1996). Outsourcing: A New Management Tool or Just a Fad? *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*, pp. 20-21.
- Gans, N., G. Koole and A. Mandelbaum. 2003. Telephone call centers: Tutorial, review, and research prospects. *Manufacturing & Service Operations Management* 5: 79-141.
- Kosmann-Schwarzbach, Y. (2014). *Fédération des Recherches en Mathématiques de Paris Centre*. Obtido em 20 de Junho de 2015, de Fédération des Recherches en Mathématiques de Paris Centre: http://www.math-info-paris.cnrs.fr/bibli/wp-content/uploads/2015/07/catalogue_exposition_Poisson_Berkeley1.pdf

- Lynch, J., (1995), "Computer-telephony integration", Work Study, Vol. 44 Iss 7 pp. 8 - 9
- Millennium Mathematics Project. (1 de Maio de 1997). Plus-Agner Krarup Erlang (1878 - 1929). Obtido em 20 de Abril de 2015, de Plus magazine!: <https://plus.maths.org/content/os/issue2/erlang/index>
- Pereira, C. R. (Julho de 2009). Uma introdução às filas de espera. Tese de Mestrado: Universidade da Madeira. Madeira, 124 pgs.
- Putnik, G., & Cunha, M. (2006). Virtual Enterprise: A new organizational paradigm, Virtual enterprise integration: technological and organizational perspectives. United Kingdom and United States of America: Idea Group Publishing, pp.1-8
- Quinn, J.M. (1999), Strategic outsourcing: leveraging knowledge capabilities. Sloan management review, 40(4), 9-21
- Reboita, M. S. (2005). *Introdução à Estatística Aplicada à Climatologia: Parte II Distribuições de Probabilidades*. São Paulo.
- Robbins, T. R., Medeiros, D. J., & Harrison, T. P. (2010). DOES THE ERLANG C MODEL FIT IN REAL CALL CENTERS? 2010 Winter Simulation Conference.
- Snow, C.C. & Miles, R.E. (1994) Organization theory and supply chain management: An evolving research perspective, Journal of Operations Management, volume 25, issue2, March 2007, pp. 459-463
- Tanner, M. (2000). *The Erlang-C Formula*. Obtido em 2 de Maio de 2015, de mitan.co.uk: <http://www.mitan.co.uk/erlang/elgcmath.htm>
- Tennyson, R. (2005). the Brokering guidebook. In R. Tennyson, *the Brokering guidebook*. London: The Partnering Initiative.
- Torres, O. F. (1966). Elementos da Teoria das Filas. *RAE-Revista de Administração de Empresas*, 6 (20), 111-128.
- Voice Interaction. (2015). *Atendimento Telefónico Automático (IVR)*. Obtido em 15 de Setembro de 2015, de VoiceInteraction- Fala:http://www.voiceinteraction.pt/?page_id=1040

ANEXO I – DEDUÇÃO DA FÓRMULA DE ERLANG C I

$$E(m, u) = \frac{\frac{m}{m-u} \frac{u^m}{m!}}{\frac{u^m}{m!} \frac{m}{m-u} + \sum_{k=0}^{m-1} \frac{u^k}{k!}}$$

$$E(m, u) = \frac{\frac{m}{m-u} \frac{u^m}{m!}}{\frac{m}{m-u} \left[\frac{u^m}{m!} + \frac{\sum_{k=0}^{m-1} \frac{u^k}{k!}}{m-u} \right]}$$

$$E(m, u) = \frac{\frac{u^m}{m!}}{\frac{u^m}{m!} + \frac{\sum_{k=0}^{m-1} \frac{u^k}{k!}}{m-u}}$$

$$E(m, u) = \frac{\frac{u^m}{m!}}{\frac{u^m}{m!} + (m-u) \frac{\sum_{k=0}^{m-1} \frac{u^k}{k!}}{m}}$$

$$E(m, u) = \frac{\frac{u^m}{m!}}{\frac{u^m}{m!} + \frac{(m-u)}{m} \sum_{k=0}^{m-1} \frac{u^k}{k!}}$$

$$E(m, u) = \frac{\frac{u^m}{m!}}{\frac{u^m}{m!} + \left(\frac{m-u}{m}\right) \sum_{k=0}^{m-1} \frac{u^k}{k!}}$$

$$E(m, u) = \frac{\frac{u^m}{m!}}{\frac{u^m}{m!} + \left(1 - \frac{u}{m}\right) \sum_{k=0}^{m-1} \frac{u^k}{k!}}$$

Em que, $\rho = \frac{u}{m}$

Sendo assim, obtém-se,

$$E(m, u) = \frac{\frac{u^m}{m!}}{\frac{u^m}{m!} + (1 - \rho) \sum_{k=0}^{m-1} \frac{u^k}{k!}}$$

Em que,

u =intensidade de tráfego oferecido

m =n° de agentes

ρ = Ocupação do agente.

ANEXO II – TABELAS USADAS NO CÁLCULO DO NÍVEL DE SERVIÇO

F1- Nível de serviço em função do número de agentes e da taxa de chegadas - $F1=f(1,3)$

m	W(t)		
	$\lambda \times 0,5$	$\lambda \times 1,5$	$\lambda \times 2$
25	0,549820316	0,250547948	0,150361909
30	0,707367679	0,319420724	0,164846986
35	0,855944543	0,393110423	0,288852755
40	0,905317839	0,412560895	0,325271214
45	0,949198827	0,416191486	0,389160085
50	0,985578608	0,416631375	0,410254632
55	0,996910102	0,416664977	0,415578751
60	0,999521207	0,416666613	0,416536631
65	0,999947189	0,517836572	0,41665578
70	0,999995844	0,562112683	0,416666022
75	0,99999764	0,577835163	0,416666639

$\lambda \times 10$	
m	w(t)
45	0
50	0
55	0,053354441
60	0,074778364
65	0,081466511
70	0,083028785
75	0,083296472
100	0,083333333
150	0,166666583
200	0,333328186
350	0,416666667
500	0,583333296
650	0,901856963
800	0,916666667
950	0,999990636
1100	1

$\lambda \times 50$	
m	w(t)
500	0,083333333
750	0,166666667
900	0,333333332
2000	0,416666667
2252	0,56926318
2253	0,570015329
2500	0,583333333
3000	0,75
3500	0,916666667
4000	0,916666667
4260	0,94008256
4500	0,999999765
5000	1

$\lambda \times 100$		$\lambda \times 500$	
m	w(t)	m	w(t)
50	0	3000	0,083333333
200	0	5000	0,083333333
500	0	7000	0,166666667
1000	0,083333333	10000	0,333333333
1500	0,166666667	15000	0,416666667
2000	0,333333333	20000	0,416666667
4000	0,416666667	25000	0,583333333
5000	0,583333333	30000	0,75
5300	0,749999957	35000	0,916666667
5500	0,75	35012	0,916666667
6000	0,75	36000	0,916666667
6200	0,833299708	37000	0,916666667
7000	0,916666667	38000	0,916666667
8500	0,916666667	42501	0,91826857
9000	1	43000	0,999999064
		44000	1

F1- Nível de serviço em função do tempo médio de operação e da taxa de chegadas - $F1=f(1,2)$

Ts	W(t)		
	$\lambda \times 0,5$	$\lambda \times 1,5$	$\lambda \times 2$
120	1	0,999992732	0,998079291
180	1	0,986991559	0,915871955
240	1	0,915738169	0,862274157
300	0,999999777	0,890054861	0,816352461
360	0,999982711	0,83033484	0,628085704
420	0,999625707	0,795241478	0,487999666
500	0,994058163	0,561928929	0,310966987
600	0,950605619	0,367844123	0,227357024
720	0,915399222	0,287662052	0,129238716
800	0,910101672	0,22686811	0,083333333
900	0,887557729	0,179599403	0,083333333
1200	0,812253194	0,083333333	0,083333332
1500	0,559558009	0,083333333	0,083332808
2000	0,309413717	0,08333279	0,082975904
2700	0,178109321	0,082875226	0,053457199
3600	0,083333333	0,053346341	0

Ts	W(t)			
	$\lambda \times 10$	$\lambda \times 20$	$\lambda \times 25$	$\lambda \times 50$
120	0,233794029	0,083333333	0,083333322	0
180	0,083333333	0,083314416	0,081704565	0
240	0,083333333	0,078141315	0	0
300	0,083333025	0	0	0
360	0,08330383	0	0	0
420	0,082642909	0	0	0
500	0,072500043	0	0	0
600	0	0	0	0
720	0	0	0	0
800	0	0	0	0
900	0	0	0	0
1200	0	0	0	0
1500	0	0	0	0
2000	0	0	0	0
2700	0	0	0	0
3600	0	0	0	0

F1- Nível de serviço em função do tempo médio de operação e do número de agentes- F1=(2,3)

Ts	W(t)		
	m=350	m=500	m=600
120	1	1	1
180	1	1	1
240	1	1	1
300	1	1	1
360	1	1	1
420	1	1	1
500	1	1	1
600	1	1	1
720	1	1	1
800	1	1	1
900	1	1	1
1200	1	1	1
1500	1	1	1
2000	0,999995133	1	1
2700	0,916663496	1	1
3600	0,749572733	0,916666667	0,99999595

Ts	W(t)				
	m=25	m=30	m=45	m=50	m=75
120	0,99758994	0,999895903	1	1	1
180	0,902580714	0,97885421	0,999988784	0,999999663	1
240	0,737937136	0,88413929	0,997215921	0,999677079	1
300	0,552830366	0,710364972	0,951066883	0,98696667	0,999999847
360	0,456381201	0,558118775	0,896993753	0,913373085	0,99994893
420	0,416283213	0,483844753	0,799032645	0,883814994	0,997867806
500	0,413642632	0,41651499	0,664461314	0,727748142	0,959216401
600	0,3985483	0,414786637	0,53021111	0,570650241	0,907928612
720	0,339635183	0,402237455	0,416660916	0,470134269	0,776471703
800	0,299962103	0,37842713	0,416611477	0,41666424	0,714015854
900	0,2495919	0,318948097	0,416158638	0,416628093	0,577456125
1200	0,14980902	0,164721537	0,38816035	0,409807397	0,416666632
1500	0,083234185	0,146388739	0,306418855	0,328021384	0,416621638
2000	0,080183226	0,083158215	0,163784569	0,166309237	0,397885752
2700	0,041318789	0,075830693	0,083331779	0,1367905	0,288222975
3600	0	0	0,082774882	0,083289319	0,163419007

ANEXO III – TABELAS USADAS NO CÁLCULO DO TEMPO MÉDIO DE ESPERA

F2- Tempo médio de espera em função do número de agentes e da taxa de chegadas – $F2=f(1,3)$

m	Tw		
	$\lambda \times 0,5$	$\lambda \times 1,5$	$\lambda \times 2$
25	7999974,02	16000007,6	19999982,44
30	4999979,153	13333316,27	16666636,3
35	1428575,348	9999994,598	11428566,28
40	1249993,748	8749990,703	9999985,457
45	12,32072807	7777766,508	7777775,111
50	1,269260705	6999986,21	6999993,66
55	0,175065923	6363618,632	6363628,812
60	0,020726742	5833308,685	5833324,659
65	0,001900931	3846151,174	5384605,254
70	0,000130832	3571415,731	4999987,803
75	6,71907E-06	3333313,818	4666651,323

F2- Tempo médio de serviço em função do tempo médio de operação e da taxa de chegadas – $F2=f(1,2)$

Ts	Tw		
	$\lambda \times 0,5$	$\lambda \times 1,5$	$\lambda \times 2$
120	3,83133E-19	0,000164105	0,043624843
180	8,81328E-13	0,468233649	333331,8739
240	9,31773E-09	444442,4986	444450,6119
300	5,30161E-06	555556,2152	1055553,782
360	0,000492316	1266662,471	1666682,1
420	0,013782938	1477777,102	3344443,398
500	0,361369044	3981462,02	6759238,692
600	12,24909595	6111096,647	9777754,565
720	1333327,496	9733318,839	11733383,16
800	1481477,626	13037006,09	17037001,47
900	1666668,646	14666660,91	19166638,65
1200	4222215,128	25555518,2	2555535,98
1500	11944386,06	31944416,67	31944427,84
2000	27036954,77	42592570,46	42592578,2
2700	43999982,74	57499980,92	57500003,25
3600	76666554,61	7666671,01	82666632,89

F2- Tempo médio de serviço em função do tempo médio de operação e do número de agentes-
 $F1=f(2,3)$

Ts	Tw				
	m=25	m=30	m=45	m=50	m=75
120	0,06135917	0,002286012	4,66E-09	2,0812E-11	7,14918E-26
180	599997,2152	1,01197226	0,000246308	7,34876E-06	4,82319E-16
240	1600010,876	666665,7245	0,087543434	0,008255575	4,47526E-10
300	4999983,114	2499990,95	6,160629982	0,634637578	3,35953E-06
360	6000034,003	4999981,274	666664,751	599995,5428	0,001305799
420	9799979,139	5833341,095	777804,8479	699999,6408	0,077610424
500	11666651	9722200,077	2777781,064	2499986,95	5,217992477

Ts	Tw		
	m=350	m=500	m=600
120	0	0	0
180	6,6116E-261	0	0
240	1,0124E-220	0	0
300	2,254E-190	0	0
360	3,009E-166	2,6379E-304	0
420	2,0431E-146	1,9351E-274	0
500	1,0019E-124	2,1058E-241	0
600	4,8547E-103	7,4108E-208	4,8702E-289
720	1,4235E-82	1,5595E-175	8,3488E-249
800	2,1521E-71	1,6618E-157	3,3103E-226
900	1,5435E-59	5,3446E-138	1,3667E-201
1200	5,8696E-34	9,3310E-94	7,0505E-145
1500	3,6345E-18	1,5278E-63	5,2968E-105
2000	0,000190636	1,8262E-31	1,6788E-60
2700	642851,6198	1,0537E-08	6,5215E-25
3600	2571404,501	599988,0067	0,000197888

ANEXO IV – TABELAS USADAS NO CÁLCULO DA OCUPAÇÃO DO AGENTE

F3- Ocupação do agente em função do número de agentes e da taxa de chegadas – $F3=f(1,3)$

m	ρ		
	λx0,5	λx1,5	λx2
25	0,575	0,891666667	0,933333333
30	0,520833333	0,854166667	0,916666667
35	0,461309524	0,81547619	0,880952381
40	0,4140625	0,786458333	0,854166667
45	0,372685185	0,763888889	0,824074074
50	0,335416667	0,745833333	0,8
55	0,304924242	0,731060606	0,78030303
60	0,279513889	0,71875	0,763888889
65	0,258012821	0,695512821	0,75
70	0,239583333	0,675595238	0,738095238
75	0,223611111	0,658333333	0,727777778

λx10		λx50	
m	ρ	m	ρ
45	1	250	1
50	1	500	0,958333333
55	0,992424242	750	0,916666667
60	0,986111111	900	0,875
65	0,980769231	2000	0,71875
70	0,976190476	2253	0,710951453
75	0,972222222	2500	0,658333333
100	0,958333333	3000	0,590277778
150	0,916666667	3500	0,520833333
200	0,854166667	4000	0,466145833
350	0,738095238	4260	0,442586072
500	0,658333333	4500	0,418981481
650	0,554487179	5000	0,377083333
800	0,466145833	6000	0,314236111
950	0,396929825	7500	0,251388889
1100	0,34280303	10000	0,188541667

$\lambda \times 100$		$\lambda \times 500$	
m	ρ	m	ρ
50	1	3000	0,986111111
200	1	5000	0,958333333
500	1	7000	0,922619048
1000	0,958333333	10000	0,854166667
1500	0,916666667	15000	0,763888889
2000	0,854166667	20000	0,71875
4000	0,71875	25000	0,658333333
5000	0,658333333	30000	0,590277778
5500	0,621212121	35000	0,520833333
6000	0,590277778	36000	0,508680556
7000	0,520833333	37000	0,497184685
8000	0,466145833	38000	0,48629386
9000	0,418981481	42500	0,443627451
10000	0,377083333	43000	0,438468992
15000	0,251388889	44000	0,428503788
20000	0,188541667	3000	0,986111111

F3- Ocupação do agente em função do tempo médio de operação e da taxa de chegadas – $F3=f(1,2)$

T_s	ρ		
	$\lambda \times 0,5$	$\lambda \times 1,5$	$\lambda \times 2$
120	0,073796296	0,221388889	0,295185185
180	0,110694444	0,332083333	0,431666667
240	0,147592593	0,431666667	0,547777778
300	0,184490741	0,51875	0,647222222
360	0,221388889	0,599166667	0,743333333
420	0,258287037	0,67125	0,805555556
500	0,307484568	0,763888889	0,861111111
600	0,368981481	0,833333333	0,9
720	0,431666667	0,876666667	0,93
800	0,47037037	0,9	0,938888889
900	0,51875	0,91875	0,941666667
1200	0,647222222	0,941666667	0,95
1500	0,763888889	0,947916667	0,958333333
2000	0,861111111	0,958333333	0,972222222
2700	0,91875	0,972916667	0,991666667
3600	0,941666667	0,991666667	1

Ts	ρ			
	λx10	λx20	λx25	λx50
120	0,9	0,95	0,958333333	1
180	0,941666667	0,966666667	0,979166667	1
240	0,95	0,983333333	1	1
300	0,958333333	1	1	1
360	0,966666667	1	1	1
420	0,975	1	1	1
500	0,986111111	1	1	1
600	1	1	1	1
720	1	1	1	1
800	1	1	1	1
900	1	1	1	1
1200	1	1	1	1
1500	1	1	1	1
2000	1	1	1	1
2700	1	1	1	1
3600	1	1	1	1

F3- Ocupação do agente em função do tempo médio de operação e do número de agentes- $F3=f(2,3)$

Ts	ρ				
	m=25	m=30	m=45	m=50	m=75
120	0,301666667	0,251388889	0,167592593	0,150833333	0,100555556
180	0,450833333	0,377083333	0,251388889	0,22625	0,150833333
240	0,573333333	0,491666667	0,335185185	0,301666667	0,201111111
300	0,658333333	0,590277778	0,418981481	0,377083333	0,251388889
360	0,706666667	0,658333333	0,491666667	0,450833333	0,301666667
420	0,735	0,698611111	0,559722222	0,512083333	0,351944444
500	0,763888889	0,733796296	0,62808642	0,590277778	0,418981481
600	0,8	0,763888889	0,685185185	0,658333333	0,491666667
720	0,843333333	0,8	0,727777778	0,706666667	0,573333333
800	0,866666667	0,824074074	0,74382716	0,727777778	0,612962963
900	0,891666667	0,854166667	0,763888889	0,745833333	0,658333333
1200	0,933333333	0,916666667	0,824074074	0,8	0,727777778
1500	0,958333333	0,9375	0,875	0,854166667	0,763888889
2000	0,972222222	0,962962963	0,925925926	0,916666667	0,824074074
2700	0,991666667	0,979166667	0,958333333	0,945833333	0,891666667
3600	1	1	0,972222222	0,966666667	0,933333333

Ts	ρ		
	m=350	m=500	m=600
120	0,021547619	0,015083333	0,012569444
180	0,032321429	0,022625	0,018854167
240	0,043095238	0,030166667	0,025138889
300	0,053869048	0,037708333	0,031423611
360	0,064642857	0,04525	0,037708333
420	0,075416667	0,052791667	0,043993056
500	0,089781746	0,062847222	0,052372685
600	0,107738095	0,075416667	0,062847222
720	0,129285714	0,0905	0,075416667
800	0,143650794	0,100555556	0,083796296
900	0,161607143	0,113125	0,094270833
1200	0,21547619	0,150833333	0,125694444
1500	0,269345238	0,188541667	0,157118056
2000	0,359126984	0,251388889	0,209490741
2700	0,477083333	0,339375	0,2828125
3600	0,6	0,450833333	0,377083333

ANEXO V – TABELAS USADAS NO CÁLCULO DA INTENSIDADE DE TRÁFEGO

F4- Intensidade de tráfego em função do número de agentes e da taxa de chegadas – $F4=f(1,3)$

m	u		
	$\lambda \times 0,5$	$\lambda \times 1,5$	$\lambda \times 2$
25	19,47916667	56,5625	75,41666667
30	19,47916667	56,5625	75,41666667
35	19,47916667	56,5625	75,41666667
40	19,47916667	56,5625	75,41666667
45	19,47916667	56,5625	75,41666667
50	19,47916667	56,5625	75,41666667
55	19,47916667	56,5625	75,41666667
60	19,47916667	56,5625	75,41666667
65	19,47916667	56,5625	75,41666667
70	19,47916667	56,5625	75,41666667
75	19,47916667	56,5625	75,41666667

$\lambda \times 10$		$\lambda \times 50$	
m	u	m	u
45	377,0833333	500	1885,416667
50	377,0833333	750	1885,416667
55	377,0833333	900	1885,416667
60	377,0833333	2000	1885,416667
65	377,0833333	2252	1885,416667
70	377,0833333	2253	1885,416667
75	377,0833333	2500	1885,416667
100	377,0833333	3000	1885,416667
150	377,0833333	3500	1885,416667
200	377,0833333	4000	1885,416667
350	377,0833333	4260	1885,416667
500	377,0833333	4500	1885,416667
650	377,0833333	5000	1885,416667
800	377,0833333		
950	377,0833333		
1100	377,0833333		

$\lambda \times 100$		$\lambda \times 500$	
m	u	m	u
500	3770,833333	3000	18854,16667
1000	3770,833333	5000	18854,16667
1500	3770,833333	7000	18854,16667
2000	3770,833333	10000	18854,16667
4000	3770,833333	15000	18854,16667
5000	3770,833333	20000	18854,16667
5300	3770,833333	25000	18854,16667
5500	3770,833333	30000	18854,16667
6000	3770,833333	35000	18854,16667
6200	3770,833333	36000	18854,16667
7000	3770,833333	37000	18854,16667
8500	3770,833333	38000	18854,16667
9000	3770,833333	42500	18854,16667
		43000	18854,16667
		44000	18854,16667

F4- Intensidade de tráfego em função do tempo médio de operação e da taxa de chegadas – $F4=f(1,2)$

Ts	u		
	$\lambda \times 0,5$	$\lambda \times 1,5$	$\lambda \times 2$
120	3,770833333	11,3125	15,08333333
180	5,65625	16,96875	22,625
240	7,541666667	22,625	30,16666667
300	9,427083333	28,28125	37,70833333
360	11,3125	33,9375	45,25
420	13,19791667	39,59375	52,79166667
500	15,71180556	47,13541667	62,84722222
600	18,85416667	56,5625	75,41666667
720	22,625	67,875	90,5
800	25,13888889	75,41666667	100,5555556
900	28,28125	84,84375	113,125
1200	37,70833333	113,125	150,8333333
1500	47,13541667	141,40625	188,5416667
2000	62,84722222	188,5416667	251,3888889
2700	84,84375	254,53125	339,375
3600	113,125	339,375	452,5

Ts	u		
	$\lambda \times 10$	$\lambda \times 20$	$\lambda \times 50$
120	75,41666667	150,8333333	377,0833333
180	113,125	226,25	565,625
240	150,8333333	301,6666667	754,1666667
300	188,5416667	377,0833333	942,7083333
360	226,25	452,5	1131,25
420	263,9583333	527,9166667	1319,791667
500	314,2361111	628,4722222	1571,180556
600	377,0833333	754,1666667	1885,416667
720	452,5	905	2262,5
800	502,7777778	1005,555556	2513,888889
900	565,625	1131,25	2828,125
1200	754,1666667	1508,333333	3770,833333
1500	942,7083333	1885,416667	4713,541667
2000	1256,944444	2513,888889	6284,722222
2700	1696,875	3393,75	8484,375
3600	2262,5	4525	11312,5

F4- Intensidade de tráfego em função do tempo médio de operação e do número de agentes- $F4=f(2,3)$

Ts	u				
	m=25	m=30	m=45	m=50	m=75
120	7,541666667	7,541666667	7,541666667	7,541666667	7,541666667
180	11,3125	11,3125	11,3125	11,3125	11,3125
240	15,08333333	15,08333333	15,08333333	15,08333333	15,08333333
300	18,85416667	18,85416667	18,85416667	18,85416667	18,85416667
360	22,625	22,625	22,625	22,625	22,625
420	26,39583333	26,39583333	26,39583333	26,39583333	26,39583333
500	31,42361111	31,42361111	31,42361111	31,42361111	31,42361111
600	37,70833333	37,70833333	37,70833333	37,70833333	37,70833333
720	45,25	45,25	45,25	45,25	45,25
800	50,27777778	50,27777778	50,27777778	50,27777778	50,27777778
900	56,5625	56,5625	56,5625	56,5625	56,5625
1200	75,41666667	75,41666667	75,41666667	75,41666667	75,41666667
1500	94,27083333	94,27083333	94,27083333	94,27083333	94,27083333
2000	125,6944444	125,6944444	125,6944444	125,6944444	125,6944444
2700	169,6875	169,6875	169,6875	169,6875	169,6875
3600	226,25	226,25	226,25	226,25	226,25

Ts	u		
	m=350	m=500	m=600
120	7,541666667	7,541666667	7,541666667
180	11,3125	11,3125	11,3125
240	15,08333333	15,08333333	15,08333333
300	18,85416667	18,85416667	18,85416667
360	22,625	22,625	22,625
420	26,39583333	26,39583333	26,39583333
500	31,42361111	31,42361111	31,42361111
600	37,70833333	37,70833333	37,70833333
720	45,25	45,25	45,25
800	50,27777778	50,27777778	50,27777778
900	56,5625	56,5625	56,5625
1200	75,41666667	75,41666667	75,41666667
1500	94,27083333	94,27083333	94,27083333
2000	125,6944444	125,6944444	125,6944444
2700	169,6875	169,6875	169,6875
3600	226,25	226,25	226,25

ANEXO VI – TABELAS USADAS NO CÁLCULO DO NÍVEL DE SERVIÇO NO CASO DE ESTUDO

Nível de serviço em função da duração média de operação e da variação da taxa de chegada para 50 agentes

$\lambda=0,02$	
Ts	W(t)
120	1
180	1
240	1
300	0,999999999
360	0,999999979
420	0,99999966
500	0,999993589
600	0,999897563
720	0,998842212
800	0,99603363
900	0,986492718
1200	0,857257251
1500	0,749260215
2000	0,687360292
2700	0,24898467
3600	0,092394671

$\lambda=0,06$	
Ts	W(t)
120	0,999999991
180	0,999985897
240	0,99908652
300	0,988109974
360	0,937193777
420	0,812948072
500	0,749378749
600	0,736292313
720	0,603127744
800	0,383002072
900	0,249103476
1200	0,094482128
1500	0
2000	0
2700	0
3600	0

Nível de serviço em função do número de agentes e da variação da taxa de chegada

$\lambda=0,02 ; Ts=600s$	
m	W(t)
25	0,999388984
30	0,999992791
35	0,999999961
40	1
45	1
50	1
55	1
60	1
65	1
70	1
75	1

$\lambda=0,06 ; Ts=600s$	
m	W(t)
25	0
30	0
35	0
40	0,609812457
45	0,90917074
50	0,985267407
55	0,998378661
60	0,999879125
65	0,999993815
70	0,999999779
75	0,999999994

ANEXO VII – TABELAS USADAS NO CÁLCULO DO TEMPO MÉDIO DE ESPERA NO CASO DE ESTUDO

Tempo médio de espera em função do número de agentes e da variação da taxa de chegada

$\lambda=0,02; T_s=600s$		$\lambda=0,06; T_s=600s$	
m	Tw	m	Tw
25	0,033538097	25	-
30	0,000305472	30	-
35	1,39425E-06	35	-
40	3,38818E-09	40	61,73437151
45	4,65743E-12	45	6,827313619
50	3,81951E-15	50	0,760975549
55	1,95583E-18	55	0,065961851
60	6,50109E-22	60	0,004161502
65	1,45021E-25	65	0,000188365
70	2,2343E-29	70	6,14413E-06
75	2,43769E-33	75	1,46069E-07

ANEXO VIII – TABELAS USADAS NO CÁLCULO DO TEMPO MÉDIO DE ESPERA NO CASO DE ESTUDO

Ocupação do agente em função da duração média de operação e da variação da taxa da chegada

$\lambda=0,02$	
Ts	ρ
120	0,055111111
180	0,082666667
240	0,110222222
300	0,137777778
360	0,165333333
420	0,192888889
500	0,22962963
600	0,275555556
720	0,330666667
800	0,367407407
900	0,413333333
1200	0,551111111
1500	0,655555556
2000	0,790740741
2700	0,93
3600	0,99

$\lambda=0,06$	
Ts	ρ
120	0,165333333
180	0,248
240	0,330666667
300	0,413333333
360	0,496
420	0,577333333
500	0,655555556
600	0,736666667
720	0,834
800	0,893333333
900	0,93
1200	0,99
1500	1
2000	1
2700	1
3600	1

Ocupação do agente em função do número de agentes e da variação da taxa de chegadas

$\lambda=0,02$	
m	ρ
25	0,48
30	0,4
35	0,342857143
40	0,3
45	0,266666667
50	0,24
55	0,218181818
60	0,2
65	0,184615385
70	0,171428571
75	0,16

$\lambda=0,06$	
m	ρ
25	1
30	1
35	1
40	0,9
45	0,8
50	0,72
55	0,654545455
60	0,6
65	0,553846154
70	0,514285714
75	0,48

Ocupação do agente em função de duração média de operação e do número de agentes para $\lambda=0,06$

m=25	
Ts	ρ
120	0,288
180	0,432
240	0,576
300	0,72
360	0,864
420	1
500	1
600	1
720	1
800	1
900	1
1200	1
1500	1
2000	1
2700	1
3600	1

m=50	
Ts	ρ
120	0,144
180	0,216
240	0,288
300	0,36
360	0,432
420	0,504
500	0,6
600	0,72
720	0,864
800	0,96
900	1
1200	1
1500	1
2000	1
2700	1
3600	1

m=75	
Ts	ρ
120	0,096
180	0,144
240	0,192
300	0,24
360	0,288
420	0,336
500	0,4
600	0,48
720	0,576
800	0,64
900	0,72
1200	0,96
1500	1
2000	1
2700	1
3600	1

Ocupação do agente em função de duração média de operação e do número de agentes

m=25	
Ts	ρ
120	0,096
180	0,144
240	0,192
300	0,24
360	0,288
420	0,336
500	0,4
600	0,48
720	0,576
800	0,64
900	0,72
1200	0,96
1500	1
2000	1
2700	1
3600	1

m=50	
Ts	ρ
120	0,048
180	0,072
240	0,096
300	0,12
360	0,144
420	0,168
500	0,2
600	0,24
720	0,288
800	0,32
900	0,36
1200	0,48
1500	0,6
2000	0,8
2700	1
3600	1

m=75	
Ts	ρ
120	0,032
180	0,048
240	0,064
300	0,08
360	0,096
420	0,112
500	0,13333333
600	0,16
720	0,192
800	0,21333333
900	0,24
1200	0,32
1500	0,4
2000	0,53333333
2700	0,72
3600	0,96

ANEXO IX– TABELAS USADAS NO CÁLCULO DO TEMPO MÉDIO DE ESPERA NO CASO DE ESTUDO

Intensidade de tráfego em função da duração média de operação e da variação da taxa de chegadas, para 50 agentes

$\lambda=0,02$	
Ts	u
120	2,4
180	3,6
240	4,8
300	6
360	7,2
420	8,4
500	10
600	12
720	14,4
800	16
900	18
1200	24
1500	30
2000	40
2700	54
3600	72

$\lambda=0,06$	
Ts	u
120	7,2
180	10,8
240	14,4
300	18
360	21,6
420	25,2
500	30
600	36
720	43,2
800	48
900	54
1200	72
1500	90
2000	120
2700	162
3600	216

Ocupação do agente em função do número de agentes e da variação de taxa de chegadas

$\lambda=0,02$	
m	u
25	12
30	12
35	12
40	12
45	12
50	12
55	12
60	12
65	12
70	12
75	12

$\lambda=0,06$	
m	u
25	36
30	36
35	36
40	36
45	36
50	36
55	36
60	36
65	36
70	36
75	36