

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOÃO PAULO NEVES LUVIZOTTO

**ANÁLISE DE DEMANDA E SIMULAÇÃO DA DINÂMICA
OPERACIONAL DE UMA CENTRAL TELEFÔNICA**

PROJETO DE TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

MEDIANEIRA

2014

JOÃO PAULO NEVES LUVIZOTTO

**ANÁLISE DE DEMANDA E SIMULAÇÃO DA DINÂMICA
OPERACIONAL DE UMA CENTRAL TELEFÔNICA**

Projeto de Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à disciplina de TCC1.

Orientadora: Profa. Dra. Carla Adriana Pizarro Schmidt

Co-Orientador: Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos

MEDIANEIRA

2014



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ**
CAMPUS MEDIANEIRA



Diretoria de Graduação
Nome da Coordenação de Engenharia de Produção
Curso de Graduação em Engenharia de Produção

TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DE DEMANDA E SIMULAÇÃO DA DINÂMICA OPERACIONAL DE UMA CENTRAL TELEFÔNICA

Por

JOÃO PAULO NEVES LUVIZOTTO

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentada às 17h:30min do dia 25 de novembro de 2014 como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho de diplomação aprovado.

Prof. Dra. Carla Adriana Pizarro Schmidt
Orientadora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. José Airton dos Santos
Co-orientador
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me Milton Soares
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dra. Silvana Lígia Vicenzi Bortolotti
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Neron Alípio Cortes Berghauser
Coordenador de Curso
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

A Deus, nosso Senhor; a minha família pela
dedicação, compreensão e incentivo ao estudo;

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e disposição ao qual me permite percorrer o meu caminho.

A minha família, pela motivação e confiança que transmitem a todo instante sob o meu trabalho, além do apoio financeiro realizado durante todo esse período.

A minha namorada, pela compreensão e motivação que ela exerce sob meus planos.

A minha orientadora, Prof. Dr. Carla A. P. Schmidt, pelo apoio, paciência e esforço para a realização deste trabalho.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. José Airtton dos Santos, pela preocupação e auxílio que foi dado para a conclusão do estudo.

Aos professores em geral, que contribuíram com meu conhecimento fazendo possível chegar até aqui.

A todos os colegas que participaram juntos a mim da vida acadêmica.

Sonhos determinam o que você quer.
Ação determina o que você conquista.

Aldo Nova

RESUMO

LUVIZOTTO, João Paulo Neves. **Análise de demanda e simulação da dinâmica operacional de uma central telefônica**. 2014. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Este trabalho teve como objetivo analisar através de técnicas de análises estatísticas e simulação computacional os dados de funcionamento e demanda do serviço de uma central telefônica de uma instituição pública localizada no oeste do Paraná. Inicialmente os dados foram coletados e o movimento da central foi avaliado por meio de testes estatísticos para estabelecer os horários de pico a serem utilizados na simulação, para tanto um modelo do tipo dinâmico, discreto e estocástico foi implementado no software de simulação Arena®. Além disso avaliou-se a mesma central por meio da fórmula de Erlang C, que apresenta uma equação própria para simulação de serviço e demanda em centrais telefônicas. Após realizar a simulação, foi testado novas configurações no sistema de atendimento visando otimizar o serviço com a distribuição correta dos funcionários levando em consideração os horários de pico.

Palavras-chave: filas; central telefônica; ARENA®.

ABSTRACT

LUVIZOTTO, João Paulo Neves. **Demand analysis and simulation of the dynamics of an telephone exchange.** 2014. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

This study aimed to analyze using techniques of statistical analysis and computer simulation data of operation and demand a telephone exchange of a public institution located in the west of Paraná. Initially the data were collected and the movement of the plant was evaluated by means of statistical tests to establish the peak times for use in the simulation, for both a model of the dynamic, stochastic and discrete type was implemented in the simulation software Arena®. In addition, we evaluated the same core through the Erlang formula C, which itself presents an equation for simulating demand service and telephone exchanges. After the simulation, new configurations were tested in order to optimize the treatment system service with the correct distribution of employees taking into consideration the peak hours.

Keywords: queuing; telephone exchange; Arena®.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1: Vantagens e desvantagens da simulação computacional.	15
Figura 1: Esquematização das Fases de um Estudo aplicando PO.....	16
Figura 2: Representação dos pontos A, B e C de um gráfico de controle.	20
Figura 3: Calculadora de Erlang C	22
Quadro 2: Ferramentas para análise de dados presentes no software ARENA® .	23
Figura 4: Tela inicial do software ARENA®	23
Figura 5: Classificação da pesquisa científica.....	26
Figura 6. Número Total de Chamadas e número de Entradas e Saídas de Ligações do dia 26 de maio na Central Telefônica Estudada,	31
Figura 7: Gráfico de controle do tempo de chamadas da Central Telefônica Observada.....	31
Quadro 3. Resultados da ANOVA com dois fatores (horários e dias da semana) .	32
Figura 8: Gráfico Ilustrativo do número de ligações dentro da interação entre os 15 horários estudados de hora em hora das 7h:30min às 22h:30min e os cinco dias da semana em que existe expediente.	33
Figura 9: Gráfico Ilustrativo do número de ligações nos 15 horários estudados de hora em hora das 7h:30min às 22h:30min.....	34
Tabela 1. Comparação de média do número de chamadas recebidas em cada um dos horários estudados, seus respectivos desvios padrão e coeficientes de variação.....	34
Figura 10: Gráfico Ilustrativo do agrupamento dos horários estudados, separados de hora em hora das 7h:30min às 22h:30min, por meio da análise de clusters baseada no modelo Hierárquico e na distância Euclidiana.	35
Figura 11: Análise de gráfico de controle nos horários de pico (13h:30min às 16h:30min).	36
Figura 12: Gráfico de controle do tempo de chamadas de saída da Central Telefônica Observadas durante o acompanhamento realizado pessoalmente por cronoanálise.	37
Figura 13: Gráfico de controle do tempo de chamadas de entrada da Central Telefônica Observadas durante o acompanhamento realizado pessoalmente por cronoanálise.....	37
Tabela 2. Resultados obtidos para os três horários de pico, em média para os dois dias acompanhados, por meio da aplicação da fórmula de Erlang C.....	38
Figura 14: Imagem da tela da Calculadora de Erlang	40
C após realização dos cálculos.	
Tabela 3. Distribuição de probabilidade.	40
Figura 15: Modelo Computacional Implementado.	41
Figura 16: Intervalo Simulado pelo Arena® para Ocupação das Telefonistas	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO GERAL	11
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 DEFINIÇÃO DE UMA CENTRAL DE ATENDIMENTO	13
2.2 GERENCIAMENTO DE UMA CENTRAL DE ATENDIMENTO	14
2.3 DEFINIÇÃO DE SIMUAÇÃO	15
2.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	15
2.5 PESQUISA OPERACIONAL	16
2.6 TEORIA DAS FILAS.....	17
2.7 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS	18
2.7.1 Análise Exploratória de Dados (AED).....	18
2.7.2 Análise de Variância (ANOVA)	19
2.7.3 Comparação de Médias.....	19
2.7.4 Controle Estatístico de Processo.....	20
2.8 FÓRMULA DE ERLANG C OU ERLANG DELAY FORMULA (M/M/s)	21
2.9 SOFTWARE ARENA®	22
2.10 SIMULAÇÃO EM CENTRAIS DE ATENDIMENTO	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1 A EMPRESA	25
3.2 TIPOS DE PESQUISA	25
3.2.1 Natureza da Pesquisa	26
3.2.2 Objetivo da Pesquisa.....	26
3.2.3 Forma de Abordar o Problema	27
3.2.4 Procedimentos Metodológicos a Serem Adotados na Pesquisa	27
3.3 POPULAÇÃO AMOSTRA	28
3.4 COLETA DE DADOS	28
3.5 ANÁLISE DE DADOS.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 MOVIMENTO TOTAL DA CENTRAL TELEFÔNICA.....	30
4.2 MOVIMENTO DA CENTRAL TELEFÔNICA QUE PASSA PELA ATENDENTE.....	32
4.3 ACOMPANHAMENTO DAS TRÊS HORAS DO HORÁRIOS DE PICO.....	36
4.4 APLICAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS DAS TRÊS HORAS NA FÓRMULADE ERLANG C	38
4.5 COMPARAÇÃO DO MÉTODO ANALÍTICO DE ERLANG C E SIMULAÇÃO NO ARENA® NOS VALORES MÉDIOS DAS CHAMADAS DO HORÁRIO DE PICO	39
5. CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A exigência de repostas rápidas e em tempo real está fazendo com que o atendimento telefônico se evolua como uma atividade produtiva. O maior desafio de uma central telefônica é proporcionar o acesso à informação através de todos os meios de comunicação

Com a evolução da tecnologia da informação houve maior disponibilidade de comunicação em indústrias ou até mesmo em serviços, conseqüentemente uma forma qualitativa de analisar estas informações através da simulação.

A avaliação por meio de coleta de dados, avaliação estatística e a aplicação de softwares de simulação em empresas se alavancaram nestes últimos tempos devido ao auxílio que geram na gestão de uma organização, pois tais programas têm a capacidade de explorar o que acontece no sistema bem como simular virtualmente o sistema real sendo que também possibilita a realização de mudanças antes de implementá-las ao processo, reduzindo assim decisões precipitadas.

Para realizar uma maximização do poder de comunicação de uma organização é viável o uso de ferramentas computacionais onde possam ser feitas análises e identificação dos pontos críticos no processo através de estudos estatísticos e gráficos que auxiliarão posteriormente nas tomadas de decisões cruciais para prover melhorias.

Os horários de pico das ligações causam gargalo no processo, ocasionando filas, com o intuito de avaliar a ocupação das telefonistas e avaliar a possibilidade de soluções que venham a minimizar esses problemas, será realizado um estudo com base na coleta e avaliação de dados de demanda gerados pela central telefônica de uma instituição pública. A simulação será executada perante registros de chamadas arquivados na própria centra

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a demanda de uma central telefônica por meio de simulação da dinâmica operacional utilizando-se de dados documentais e análises

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Coletar os dados necessários durante o funcionamento da central telefônica.
- b) Estudar o processo de atendimento de chamadas telefônicas da Instituição Pública.
- c) Avaliar estatisticamente a demanda e encontrar os horários de pico.
- d) Avaliar, através de técnicas de simulação, e cálculo de Erlang a utilização dos funcionários nos horários de pico.
- e) Sugerir, se necessárias, modificações no sistema de atendimento de chamadas telefônicas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo está dividido em tópicos onde se descreve sobre pesquisa operacional, avaliação estatística exploratória de dados, conceitos e organização de uma central de atendimento, ferramentas, aplicações, vantagens e desvantagens da simulação, desenvolvimento e utilização da equação de Erlang e software Arena®.

A abordagem de tais assuntos visa embasar a compreensão do que será desenvolvido neste estudo fornecendo uma base teórica para facilitar o posterior entendimento dos temas abordados e da apresentação dos resultados e conclusões sobre a central telefônica estudada.

2.1 DEFINIÇÃO DE UMA CENTRAL DE ATENDIMENTO

A definição de central de atendimento segundo Koole e Mandelbaum (2001) é a junção de recursos, pessoas, computadores e aparelhos de telecomunicação que possibilitam os serviços por telefones. Uma Central de atendimento pode ser caracterizada como: *inbound* ou *outbound*, características provindas do tipo de ligação. As do tipo *inbound* são apenas receptores das chamadas originadas de clientes externos. As com característica *outbound*, atendentes efetuam ligações a clientes.

De acordo com Argolo e Ramos (2006) os três pilares do negócio de centrais de atendimento telefônico são: tecnologia, ambiente físico e mão de obra. Os recursos tecnológicos é a capacidade receber e trafegar grandes volumes de ligações, gerenciar o tempo de espera para um cliente ser atendido, duração das ligações, abandono por atendimento ineficaz além de possuir sistemas que possibilitem rápido acesso a informações para atender o cliente.

O ambiente físico por exigir a permanência das pessoas por prologando tempo no posto de trabalho é comum que a carga horária neste tipo de serviço seja de 6 horas diárias com dos intervalos de 15 minutos para os funcionários realizar necessidades pessoais. A empresa deve propor condições ergonômicas de trabalho.

Os recursos relacionados a mão de obra observa-se a excelência na fluência verbal além da capacidade de argumentação e de orientação para seguir os padrões do atendimento.

2.2 GERENCIAMENTO DE UMA CENTRAL DE ATENDIMENTO

De acordo com Yonamine (2006), o gerenciamento das centrais de atendimento é dificultado por se tratar de um comportamento de chamadas que devido a sazonalidade, diversidade de tipos de chamadas e volume de chamadas é de difícil previsão. Uso da mão de obra variável é uma alternativa para mitigar tais variações. Juntamente é necessário gerenciar as 15 habilidades individuais dos operadores para alcançar alto desempenho, alto nível de serviço e a redução de custos operacionais.

Gerenciar Centrais de atendimento requer o gerenciamento simultâneo de pessoas, serviços e qualidade enquanto se utiliza de sistemas e tecnologias avançados. A gestão de forma integrada resultará em uma central de atendimento eficiente. O maior custo das centrais estão relacionados a mão de obra, chegando a representar 70% (BROWN et al, 2002).

Lidar com o desafio de prever o volume de chamadas, planejar o número de funcionários alocados e manter o nível de serviço de acordo com o padrão estipulado faz parte do gerenciamento de uma CA. Com a imprevisão das chamadas e restrições quanto a duração dos turnos de trabalho, surge a dificuldade de planejar e programar a força de trabalho (YONAMINE, 2006).

Bouzada (2009) diz que a simulação traz os seguintes benefícios: (i) visualizar os processos futuros, validando suas premissas, (ii) análise detalhada do impacto das mudanças, (iii) previsão das necessidades de recurso material ou humano. Como na simulação faz a consideração da variabilidade da chegada de chamadas e do tempo de duração das mesmas, juntamente com a heterogeneidade dos tipos e dos agentes na chamada, faz da simulação um método de análise eficiente na modelagem de uma CA.

2.3 DEFINIÇÃO DE SIMULAÇÃO

De acordo com Prado (2010, p.24) “Simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital”.

O processo de simulação de um sistema pode apresentar tanto vantagens como desvantagens.

2.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Segundo Freitas (2008 p.26), a simulação tem suas vantagens e desvantagens as quais encontram-se representadas no Quadro 1:

Vantagens	<p>Pode-se compreender melhor quais são as variáveis mais importantes em relação à performance e como as mesmas interagem entre si e com os outros elementos do sistema.</p> <p>Um estudo da simulação pode mostrar realmente como o sistema opera, e não como todos pensam que opera.</p> <p>Na simulação pode-se explorar a questão: “o que aconteceria se?”, sem ter que parar ou alterar o sistema real.</p> <p>A identificação de gargalos, que é o que mais preocupa no gerenciamento dos sistemas, tais como fluxo de materiais de informação e de produtos, pode ser obtida de forma fácil, principalmente com a ajuda visual.</p>
Desvantagens	<p>A construção do modelo requer treinamento especial. Envolve arte, entretanto adquire-se experiência com o tempo. Dois modelos construídos por duas pessoas competentes terão grandes semelhanças, mais nunca serão iguais.</p> <p>Os resultados são de difícil interpretação. Uma vez que os modelos tentam capturar a variabilidade do sistema, é comum que existam dificuldade em determinar quando uma observação realizada durante uma execução, se deve a alguma relação significativa no sistema ou a processos aleatórios construídos e embutidos.</p> <p>Consumo grande de tempo para a modelagem e experimentação, além do tempo muitos outros recursos. A tentativa de simplificação na modelagem podem dar resultados insatisfatórios. Em muitos casos a aplicação de métodos analíticos (como teoria das filas) pode trazer resultados mais econômicos e menos ricos.</p>

Quadro 1: Vantagens e desvantagens da simulação computacional.

Fonte: Adaptado de Freitas (2008).

Prado (2009), diz que o que leva as pessoas a optar pelo o uso da simulação é a simplicidade ao qual pode ser aplicada, a possibilidade de construção de um sistema não existente para possíveis análises, não apresentar interferência com o sistema real.

2.5 PESQUISA OPERACIONAL

Segundo Marins (2011) a Pesquisa Operacional (PO) é uma área da Engenharia de produção, a qual oferece procedimentos que auxiliam na gestão de recursos humanos, materiais e financeiros de uma organização.

Esse tipo de pesquisa surgiu na segunda guerra mundial nas atividades militares, onde havia a necessidade de uma alocação eficiente dos recursos para a realização das missões. Após o término da guerra, a utilização da Pesquisa operacional apresentou um crescimento significativo. Diversos métodos científicos surgiram despertando interesse nos mundos acadêmico e empresarial, que utilizavam essas técnicas em problemas de administração (ANDRADE, 2000).

De acordo com Prado (2008), a partir de um determinado objetivo de produção ou de qualidade de atendimento, os estudos operacionais ajudam na obtenção de informações valiosas sobre a quantidade de atendentes (equipamentos, ferramentas, veículos, etc.) e pessoas que devem ser colocados em cada estação de trabalho, tendo ainda a capacidade de auxiliar na escolha do melhor layout e melhor fluxo.

Na Figura 1 pode-se observar algumas das fases para a aplicação de um estudo que faz uso da Pesquisa Operacional (PO).

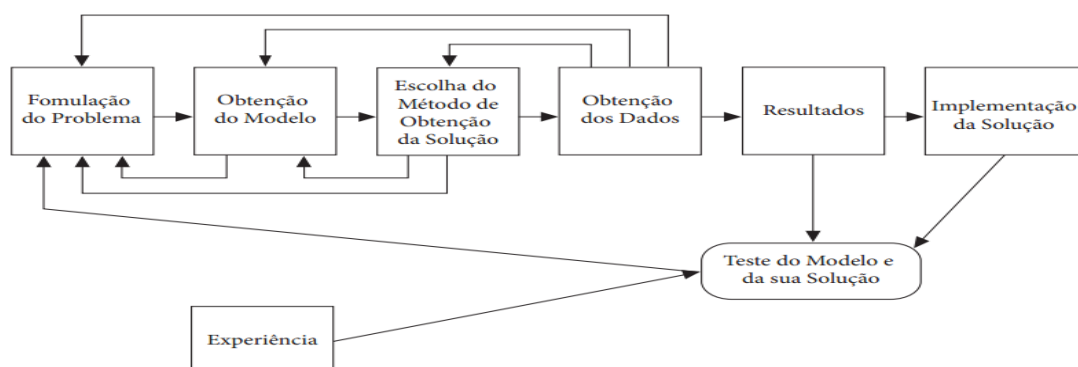


Figura 1: Esquematização das Fases de um Estudo aplicando PO
Fonte: Marins, (2011).

Para que um sistema seja adequadamente dimensionado e aumente a sua capacidade de produção é importante que se estude os gargalos do sistema, ou seja os pontos onde ocorrem as filas (PRADO, 2010).

Seguindo os conceitos de Parreira (2011) a Teoria das Filas e a Simulação são técnicas disponíveis para a Modelagem de Sistemas, onde a simulação é a mais utilizada. A simulação é uma técnica que se utiliza de um computador digital, onde se procura montar um modelo que melhor represente o sistema em estudo e interagir com este realizando mudanças e analisando seus respectivos comportamentos antes de uma implantação em sistema real.

A teoria das filas é um método analítico que aborda o assunto por meio de fórmulas matemáticas. Assim sendo a pesquisa operacional pode auxiliar na tomada de decisões, pois fornece ferramentas qualitativas úteis que facilitam o processo (PRADO, 2010).

2.6 TEORIA DAS FILAS

Teoria das filas é o nome dado ao estudo matemático de filas de espera, sendo que estas podem ser formadas por pessoas ou objetos ou mesmo apresentar um sentido abstrato onde não se visualiza a fila física, mas ela existe, este é o caso da fila em uma central telefônica onde existe a prioridade no atendimento mas as pessoas ou chamadas não aparecem obrigatoriamente em uma sequência visível (FERREIRA FILHO, 2014).

Com a intenção de obter resultados melhores e um desempenho positivo nos variados métodos produtivo, juntamente com a minimização da complexibilidade nos cenários produtivos, passou-se a utilizar técnicas de planejamento baseadas em Teoria das Filas no início do século XX (PRADO, 1999).

Taha (2008) explica que uma fila irá ser formada sempre que a capacidade de atendimento for inferior à demanda pelo serviço, dessa forma o seu estudo inclui o levantamento de itens como o comprimento médio da fila, seu desempenho e tempo de espera.

Moreira (2010) argumenta que a formação de filas pode estar relacionada com a variabilidade tanto no intervalo entre chegadas como no tempo de atendimento, e não somente à capacidade de atendimento dos posto de trabalho.

2.7 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS

Segundo Rao (1999), a estatística é uma ciência que estuda e pesquisa sobre: o levantamento de dados com a máxima quantidade de informação possível para um dado custo; o processamento de dados para a quantificação da quantidade de incerteza existente na resposta para um determinado problema; a tomada de decisões sob condições de incerteza, sob o menor risco possível. Finalmente, a estatística tem sido utilizada na pesquisa científica, para a otimização de recursos econômicos, para o aumento da qualidade e produtividade, na otimização em análise de decisões, em questões judiciais, previsões e em muitas outras áreas.

2.7.1 Análise Exploratória de Dados (AED)

A análise exploratória de dados utiliza de diversos métodos para realizar um estudo detalhado dos dados. O objetivo é conseguir o máximo de informações dos dados, para auxiliar em modelos suscetíveis após a análise confirmatória dos dados ou inferência estatística (MEDRI, 2011).

Segundo os autores BATANERO; ESTEPA; GODINO, (1991, p.2) a análise exploratória de dados é uma filosofia que consiste.

[...] no estudo dos dados a partir de todas as perspectivas e com todas as ferramentas possíveis, incluindo as já existentes. O propósito é extrair toda a informação possível, gerar novas hipóteses no sentido de construir conjecturas sobre as observações que dispomos.

MEDRI (2011) diz que além da construção de tabelas e gráficos, a AED possui cálculos de medidas estatísticas que obtém informações responsáveis por gerar uma visão global dos dados. São chamadas de medidas descritivas, quando calculada com

os dados de amostra são nomeadas genericamente de estatística e de parâmetros quando calculadas com dados populacionais.

2.7.2 Análise de Variância (ANOVA)

A Análise de Variância é um método suficientemente poderoso para poder identificar diferenças entre as médias populacionais devidas a várias causas atuando simultaneamente sobre os elementos da população (COSTA NETO, 1977).

Segundo FONSECA et al. (1982) o método de análise de variância indica a aceitação ou rejeição da hipótese de igualdade das médias. Se a hipótese de nulidade (H_0) for rejeitada, estaremos admitindo que, pelo menos, uma das médias é diferente das demais. Surge, contudo a questão: Quais médias devem ser consideradas diferentes?

Utilizando a análise de variância podemos também decidir com base em dados amostrais se há diferença na eficácia de métodos de ensino de uma língua estrangeira, por exemplo, ou até mesmo comparar o rendimento por hectare de tipos de trigo diferentes, verificar se existe diferença na durabilidade de tintas, além disso, a análise de variância pode ser utilizada para analisar diversos fatores simultaneamente (FREUND, 2006).

2.7.3 Comparação de Médias

Segundo Vieira et al, (1989), a comparação de médias só pode ser feita após a análise de variância. Isto porque todos os procedimentos para obter a d.m.s. exigem o cálculo do quadrado médio do resíduo. Mas a análise de variância também dá o valor de F, que permite decidir se as médias são ou não iguais, a determinado nível de significância.

De acordo com GONÇALVES (2002) o Teste de Tukey pode ser utilizado para testar qualquer diferença entre duas médias. É um teste versátil, mas que não permite

comparar grupos entre si. O teste tem como base a diferença mínima do d.m.s que é calculado pela Equação 1:

$$\Delta = q \frac{s}{\sqrt{j}} \quad (1)$$

Onde:

Q é a amplitude total studentizada, possui valores tabelados.

S é o desvio padrão residual.

J número de repetições das médias confrontadas no contraste.

2.7.4 Controle Estatístico de Processo

O Controle Estatístico do Processo teve início em 1920 com a utilização de gráficos de controle. Depois de 1944 começou a ser utilizado na Europa e Japão onde se produziam em grande escala, a prática, segurança e eficiência da ferramenta na identificação de problemas era responsável por essa expansão (ALMEIDA et al, 2011).

Segundo o autor Sincish (2006), existem 6 regras para identificar se um gráfico está sob controle, são elas: 1ª um ponto além da zona A, 2ª Nove pontos na zona C ou além, 3ª seis pontos sem sequência aumentando ou diminuindo constantemente, 4ª quatorze pontos em sequência alternando em altos e baixos, 5ª dois de três pontos na zona A ou além, 6ª quatro de cinco pontos na zona B ou além. As zonas A, B e C podem ser observadas na Figura 2.

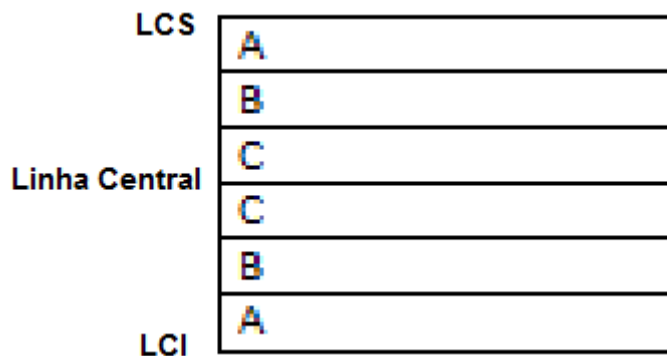


Figura 2: Representação dos pontos A, B e C de um gráfico de controle.
Fonte: Adaptada de Sincish (2006).

De acordo com o autor Sincish (2006), um gráfico não está sob controle se uma ou mais das seis regras citadas forem observadas no gráfico e o gráfico está sob controle caso não seja identificada nenhuma das regras.

2.8 FORMULA DE ERLANG-C OU ERLANG DELAY FORMULA (M/M/s)

O dinamarquês Agner krarkup Erlang, matemático, estatístico e engenheiro responsável por idealizar os conceitos de Teoria das filas e Engenharia de tráfego. A Teoria das filas tem função de criar modelos matemáticos os quais auxiliaram na análise do comportamento de sistemas que tendem a suprir atendimento às demandas em contínuo crescimento aleatório (WINSTON, 2004).

Segundo LIMA et al, (2011) através da Teoria das filas Erlang chegou a uma fórmula que é conhecida como Erlang C.

Segundo a Dígitro (2014) as fórmulas Erlang são uma maneira matemática de fazer previsões sobre carga de trabalho que pode chegar aleatoriamente (como as chamadas telefônicas) com base em informações já disponíveis (como a duração média de uma chamada). As fórmulas Erlang são usadas para determinar o tamanho da equipe e o número de troncos necessários em um call center. Existem dois tipos de fórmula Erlang.

Ainda segundo o mesmo autor, a Fórmula Erlang B é usada quando o tráfego é aleatório e não existe fila. Já a Erlang C, quando o tráfego é aleatório e existe fila. Parte do pressuposto de que todos os chamadores permanecerão esperando indefinidamente. Assim, o tráfego não pode ser mais que o número de troncos disponíveis (se for, haverá mais tráfego de entrada que de saída e o atraso na fila se tornará infinito).

A Figura 3 mostra a interface da calculadora de Erlang C para Windows.

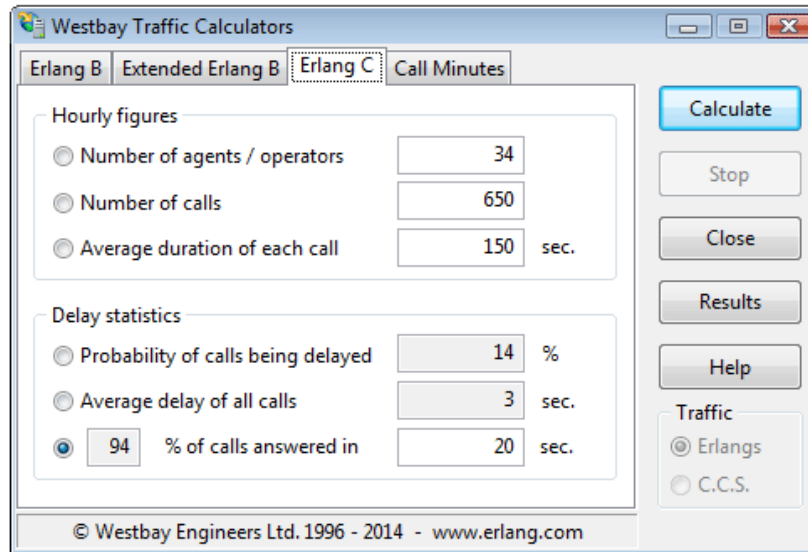


Figura 3: Calculadora de Erlang C para plataforma Windows
Fonte: Westbay Engineers.

A calculadora de Erlang C apresentada na Figura 3 necessita do conhecimento de algumas incógnitas que estão separadas em dois grupos, números por hora, como, número de operários do sistema, número de chamadas, tempo médio de duração e cada chamada, o segundo grupo é classificado como as estatísticas de espera do sistema, como, probabilidade de uma chamada ficar em espera, média do tempo de espera e porcentagem das chamadas respondidas ou atendidas no tempo certo.

2.9 SOFTWARE ARENA®

Segundo Prado (2010), o lançamento do software ARENA® foi em 1993 pela empresa Systems Modeling, sendo o sucessor de outros dois produtos de sucesso desta mesma empresa, SIMAN e CINEMA, primeiro software de simulação para PC e o primeiro software de animação para PC respectivamente. Estes foram melhorados e a partir de 1993 e então unificados, nessa unificação nasceu o ARENA®. A empresa Rockwell Software incorporou a Systems Modeling a partir de 1998.

O software possui blocos que são utilizados para descrever uma aplicação real. Estes blocos funcionam como uma linguagem de programação. A interface

gráfica do usuário reduz o uso do teclado e prioriza o mouse como ferramenta principal.

De acordo com Prado (2010) o ARENA® apresenta duas ferramentas muito úteis: analisador de dados de entrada (Input Analyzer), analisador de resultados (Output Analyzer).

Ferramentas	Descrição
Input Analyzer	Permite analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles, o qual pode ser incorporada direta ao modelo.
Output Analyzer	É uma ferramenta que permite analisar dados coletados durante a simulação, sendo que esta análise pode ser gráfica e tem ainda recursos para efetuar importantes comparações estatísticas

Quadro 2: Ferramentas para análise de dados presentes no software ARENA® .

A Figura 4 apresenta a tela inicial do software ARENA® .

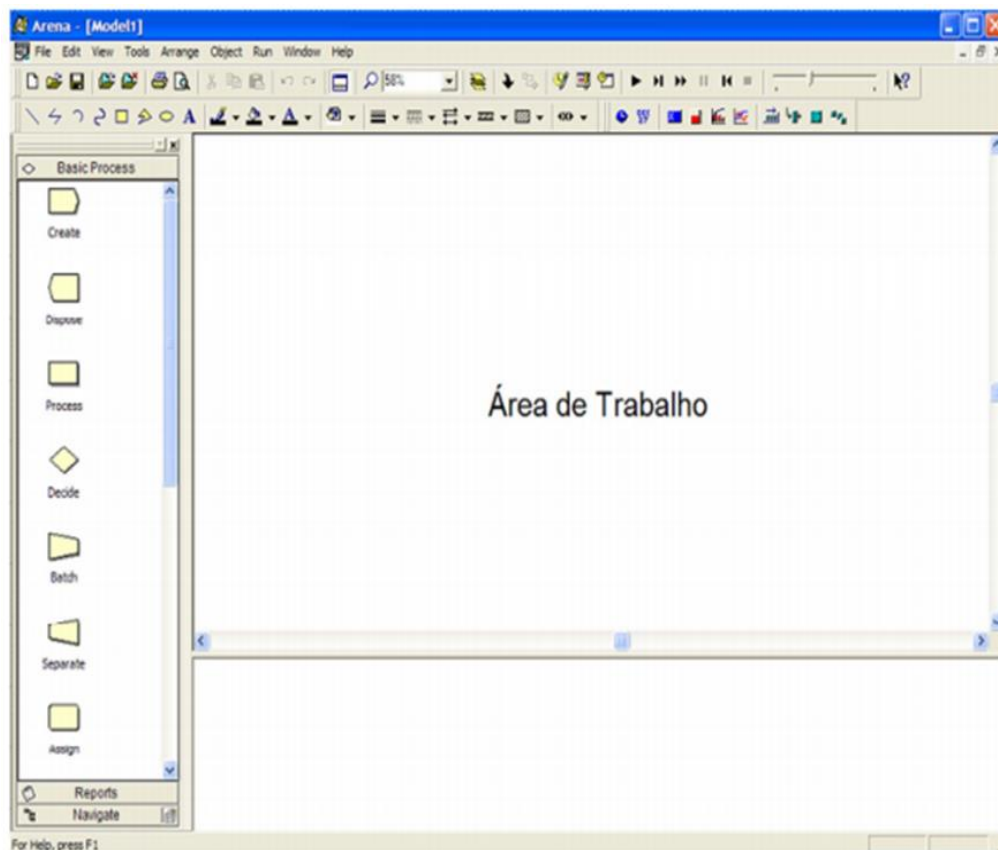


Figura 4: Tela inicial do software ARENA®.

2.10 SIMULAÇÃO EM CENTRAIS DE ATENDIMENTO

Tanir e Booth (1999) a previsão é de extrema importância para realizar o gerenciamento de uma Central de Atendimento e relata que apesar de serem adequados para planejamento em geral os métodos tradicionais como Erlang-C apresentam a tendência de superestimar (1999) citam uma aplicação na Central de atendimento da Bell Canadá. O foco do modelo da simulação nesta aplicação foi na qualidade do serviço que os clientes percebem, modelando a experiência do início ao fim do serviço.

De acordo com Klunge o número de atendentes. Klunge recomenda usar a simulação nos seguintes casos: existência de várias operações detalhadas, a precisão é importante, existe grande variabilidade na demanda, necessidade de animação para convencer a alta gerência e necessidade de identificação de gargalos no processo.

Harris et al. (1987) realizou um trabalho de simulação na Central de Atendimento da IRS dos EUA e, após a simulação, concluiu que o processo, que funcionava sob gargalos, pode ser modelado de forma analítica. O modelo resultou uma forma de obter, através de tabelas, a melhor configuração de atendentes e linhas telefônicas para atender a demanda prevista.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os passos que foram seguidos para a elaboração do estudo. Estão divididos em tópicos, os tipos de pesquisa, a população amostra, a coleta e a análise dos dados. Estes estão relacionados com a classificação que a metodologia utilizada neste trabalho possui.

3.1 A EMPRESA

O estudo foi realizado na Central Telefônica de uma instituição pública, onde circulam no total mais de 700 ligações diárias, sendo que destas em média 150 ligações são registradas na central como efetivadas pelas atendentes. O departamento funciona com a ajuda de 3 funcionários os quais se revezam trabalhando 6 horas diárias cada com um intervalo de 15 minutos. Na central é armazenado documentos com registros de todas as ligações feitas e recebidas pela instituição, tais documentos foram foco de análises para a realização do estudo.

3.2 TIPOS DE PESQUISA

A classificação da pesquisa depende de critérios relacionados a natureza da pesquisa, aos objetivos da mesma, forma de abordagem do problema e procedimentos técnicos que serão abordados. A Figura 5 apresenta todas as classificações.

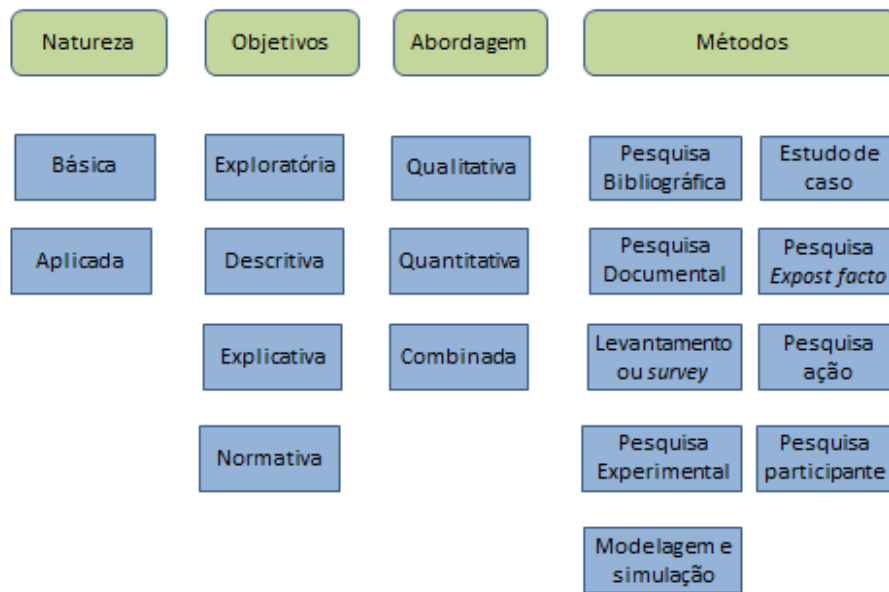


Figura 5: Classificação da pesquisa científica
 Fonte: Adaptado de SILVA e MENEZES (2001)

3.2.1 Natureza da Pesquisa

Segundo o autor Kauark et al. (2010) a pesquisa básica busca o progresso da ciência através de novos conhecimentos baseados em interesses universais e verdades, a aplicação não é relevante na sua meta. A pesquisa aplicada possui interesse prático, ou seja, uma aplicação para a resolução de algum tipo de problema específico.

Tal estudo é classificado como uma pesquisa aplicada, pois está relacionado com a simulação e possível maximização do fluxo de chamadas de uma central telefônica apresentando uma aplicação imediata.

3.2.2 Objetivo da Pesquisa

De acordo com Gil (2002) pesquisa exploratória busca a familiaridade com o problema, tornando-o explícito, ou a construção de hipóteses. A pesquisa descritiva

objetiva a descrição de população, fenômeno ou relações entre variáveis. A identificação de fatores que contribuam para a ocorrência dos fenômenos são características da pesquisa explicativa, a qual também é caracterizada por ser uma pesquisa complexa e delicada.

A pesquisa que melhor encaixa no objetivo deste estudo é a descritiva, pois será realizada uma relação entre variáveis.

3.2.3 Formas de Abordar o Problema

Seguindo o conceito de Kauark et al, (2010) a pesquisa pode ser classificada como pesquisa qualitativa e quantitativa.

Pesquisa qualitativa está relacionada a interpretação de fenômenos, considera a existência de uma ligação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, assim impossibilitando a tradução em números dos resultados obtidos.

Pesquisa Quantitativa pode ser traduzida em números, é necessário o uso de recursos e métodos estatísticos para analisa-los.

No presente estudo será utilizado a simulação computacional a qual faz utilização de dados numéricos. Será realizado uma análise nestes dados que posteriormente trarão resultados também numéricos. Com base em tais fatores podemos classificar o estudo como pesquisa quantitativa.

3.2.4 Procedimentos Metodológicos a Serem Adotados na Pesquisa

Quanto aos procedimentos metodológicos a serem adotados podemos destacar para o estudo em questão, modelagem e simulação e levantamento de dados documentais.

Pesquisa de levantamento documental segundo Gil (2002) é semelhante a uma pesquisa bibliográfica, a principal diferença está na fonte, sendo a bibliográfica alvo de fundamentos de vários autores, enquanto a documental baseia-se em

materiais que não receberam ainda um tratamento analítico ou pode ser re-elaborado de acordo com o objetivo da pesquisa

Modelagem e simulação são caracterizadas pelo uso de um modelo matemático junto a pesquisa operacional para auxiliar a tomada decisão. (ARENA® LES et al. 2007)

Como o estudo será realizado sob análises de dados coletados na central telefônica que posteriormente serão alvo de simulações computacionais, podemos comprovar a escolha de tais procedimentos metodológicos.

3.3 POPULAÇÃO AMOSTRA

Para a simulação do processo da central telefônica foram coletados documentos emitidos pelo software gerenciador da central a ser estudada, tais documentos apresentaram as características das chamadas quanto à duração, ao horário a qual foi efetuada, se foi realizada com ou sem participação das atendentes.

As amostras foram coletadas em três momentos, uma contendo todo o movimento da central telefônica no dia 26 de maio de 2014, uma segunda com dados documentais da central de 23 dias úteis entre os meses de abril a maio de 2014 e uma terceira coleta de dados por meio de cronoanálise das chamadas por um período de 3 horas, situada no horário de pico entre 13h:30min e 16h:30min nos dias 08 e 10 de outubro de 2014.

3.4 COLETAS DE DADOS

De acordo com Freitas (2008) os dados coletados precisam ser consistentes, pois estes refletem diretamente no modelo.

Os dados foram coletados na central telefônica por meio de registros documentais obtidos por meio de cópia de tela do sistema e impressão de relatórios, que apresentam detalhadamente o funcionamento do sistema telefônico. O período estudado foi referente a um dia de funcionamento de toda a central e a 23 dias de

funcionamento de chamadas efetuadas pelas atendentes e registradas pelo sistema, a seguir foram acompanhados dois dias por meio de cronometragem em horários de pico, por meio de cronômetro manual.

3.5 ANÁLISES DE DADOS

Os dados coletados na central telefônica em forma de documentos foram tabulados em uma planilha no Excel e analisados por meio do software Action 2.7 para avaliação de controle estatístico de tempos de chamada.

Após essa análise os dados foram organizados e a quantidade de chamadas separadas em períodos de hora a hora, posteriormente foram analisados os tempos médios e máximos das chamadas, os picos da demanda por meio de ferramentas estatística, ANOVA por meio de delineamento fatorial com dois fatores, dias da semana e 15 horários, sendo testada também a interação dos fatores, Foram também realizados os testes de comparação de médias de Tukey por meio do software Action 2.7.

Os dados de acompanhamento de cronoanálise foram utilizados para simulação do sistema tanto pela calculadora Erlang C quanto pelo Arena®. Para realização dos cálculos de Erlang C utilizou-se a calculadora *on line* disponibilizada pelo site do Teleco (2014).

Através do *input analyzer*, ferramenta do software ARENA® escolheu-se a melhor distribuição estatística para incorporar ao modelo. Foram realizadas simulações no software ARENA® e posteriormente análises dos resultados no *Output Analyzer*, ferramenta embutida no próprio simulador com a finalidade de facilitar ao analista.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo está dividido em tópicos onde se descreve sobre os resultados que foram obtidos analisando o movimento total da central, as chamadas ao qual passam pela atendente, acompanhando das três horas dos horários de pico, aplicação dos três horários de pico na fórmula de Erlang C e a comparação dos resultados obtidos pela fórmula de Erlang C e a simulação computacional no ARENA®.

4.1 MOVIMENTO TOTAL DA CENTRAL TELEFÔNICA

Para realizar uma avaliação do movimento completo da central foram coletados dados de acompanhamento de um dia inteiro de funcionamento de todos os ramais existentes na instituição independentemente das ligações passarem ou não pelas atendentes da central.

Observou-se com base nesses dados que ocorrem tanto chamadas diretas para os ramais como dos ramais diretamente para o exterior da instituição, além das chamadas que passam pelas telefonistas.

Pode-se notar que predominaram ligações de curta duração, tanto para entrada quanto para saída.

A soma das entradas e saídas mostra que o maior pico foi observado entre o horário das 15h:30min às 16h:30min onde o movimento total de chamadas ultrapassou as 90 chamadas nesses 60 minutos ou seja mais de 1 chamada por minuto, sendo que este horário do dia, mostrou-se bem congestionado.

As ligações de saída nos horários de pico foram em maior número do que as ligações de entrada, sendo que as entradas superaram as saídas apenas no início do expediente, no meio e no final da tarde. O horário da noite apresentou muito poucas ligações em comparação com o movimento do dia (Figura 6).

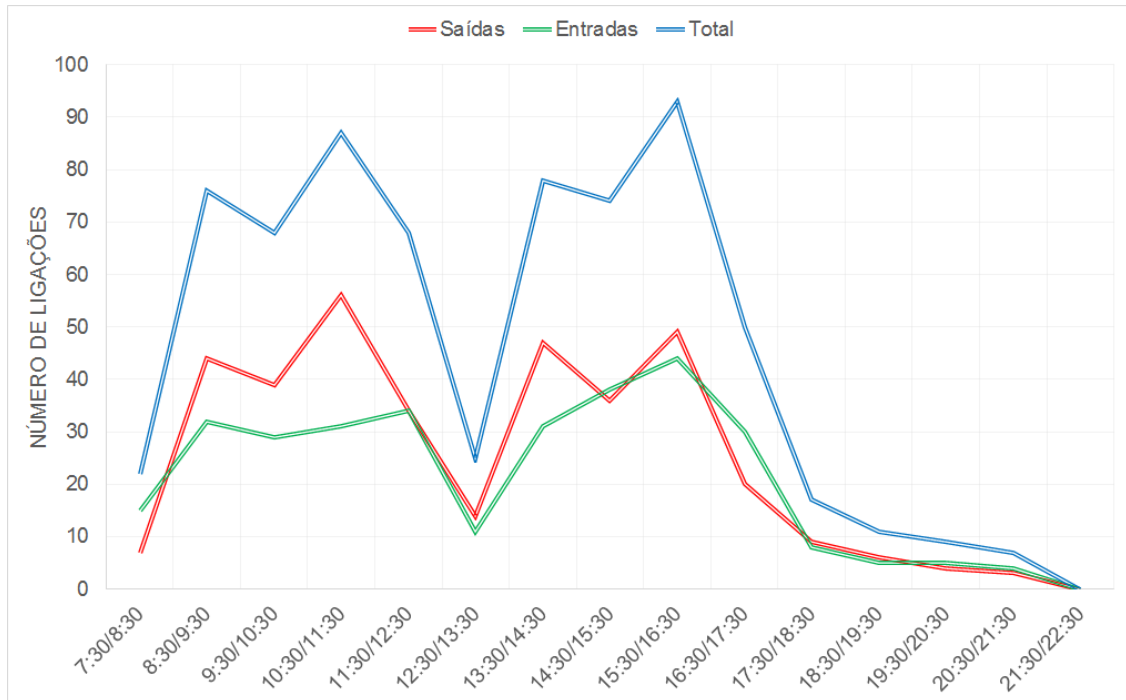


Figura 6. Número Total de Chamadas e número de Entradas e Saídas de Ligações do dia 26 de maio de 2014 da Central Telefônica Estudada.

Pode-se também notar, com base nesses dados, que ocorreram dois picos de movimento de chamadas, um no meio do período da manhã e outro no período da tarde.

Notou-se ainda que o tempo médio de atendimento das ligações ficou em 1,09 minutos e que apenas 4,38% das 707 ligações observadas duraram mais que 5 minutos (Figura 7).

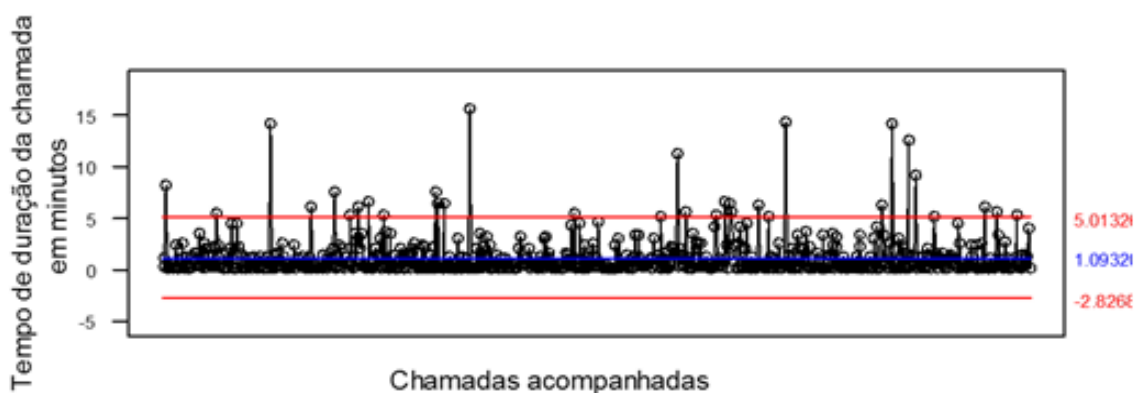


Figura 7. Gráfico de controle do tempo de chamadas da Central Telefônica Observada.

Pode-se observar na Figura 7 que a maioria das chamadas estão entre as linhas superior e inferior do gráfico, tal fator demonstra que as chamadas tendem a ser bastante parecidas quanto ao tempo de duração, uma vez que a atendente é responsável somente por intermediar estas chamadas que são passadas para outros ramais. Os pontos que estão fora da linha superior representa alguns eventos não comum, como por exemplo ligações onde o cliente não sabe ao certo ao ramal desejado ou até mesmo uma explicação da situação atendente o orientá-lo.

4.2 MOVIMENTO DA CENTRAL TELEFÔNICA QUE PASSA PELA ATENDENTE

Para realização desse estudo foram avaliados os dados de 23 dias úteis, referentes ao movimento da central telefônica, ou seja, apenas chamadas que passam pelas mãos das telefonistas. O primeiro fator observado foi a quantidade de chamadas que é bem menor do que o movimento completo da central, sendo que em média ocorreram 158 chamadas diárias.

Com base nos resultados da ANOVA, observou-se que houve uma influência significativa dos horários, já os dias da semana e a interação horários por dia da semana (Figura 4) não foram significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$) conforme se pode observar no Quadro 3.

Causa da Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Horários	14	14045,64058	1003,260041	31,87182228	0
Semana	4	146,3934783	36,59836957	1,16266639	0,3276
Horários:Semana	56	1075,426087	19,20403727	0,610078781	0,9862
Resíduos	270	8499,05	31,47796296		

Quadro 3. Resultados da ANOVA com dois fatores (horários e dias da semana)

Foram utilizados os dados correspondentes a 23 dias de funcionamento da central telefônica para construir um gráfico que representasse a quantidade de ligações ocorridas por hora e o dia da semana.

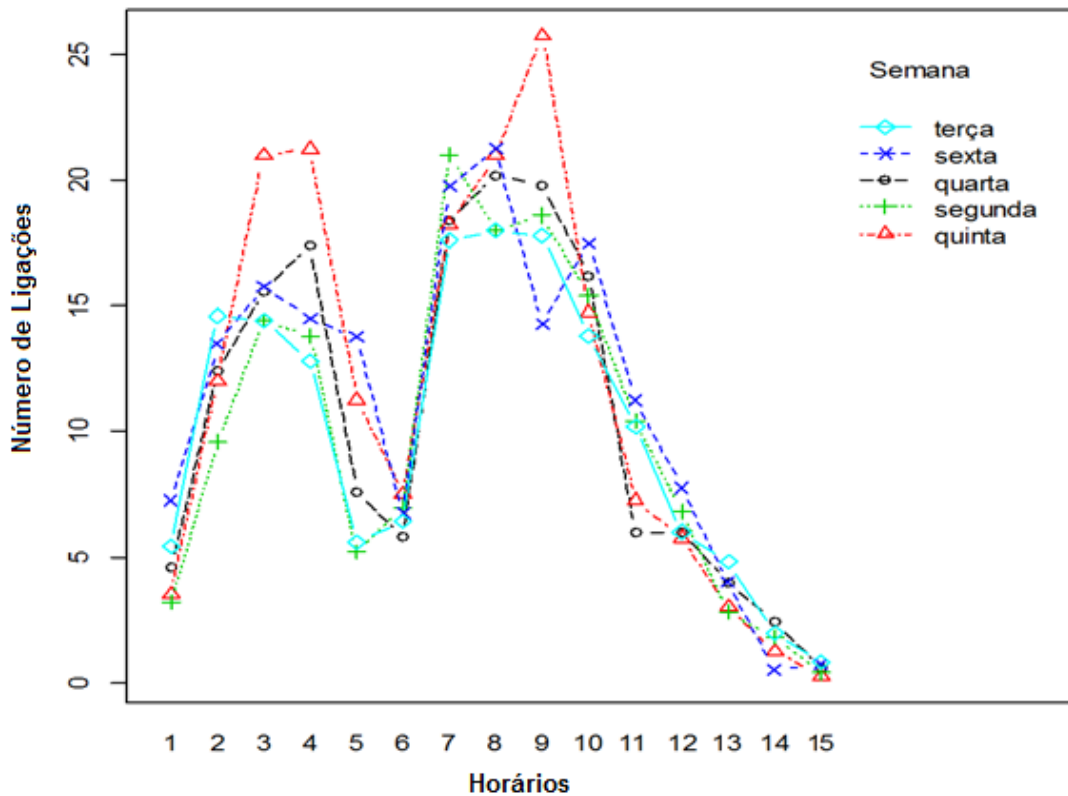


Figura 8. Gráfico Ilustrativo do número de ligações dentro da interação entre os 15 horários estudados de hora em hora das 7h:30min às 22h:30min e os cinco dias da semana em que existe expediente.

Com base na Figura 8, pode-se observar que houve um pequeno pico na quantidade de ligações no período da manhã e no período da tarde, independente do dia da semana. O período da tarde, onde está representado pelos números 7 8 e 9 (13h:30min às 16h:30min) foi escolhido para fazer a simulação, pois mesmo havendo pico no horário da manhã, estes apresentaram um maior pico e impacto no sistema da central.

O Gráfico da Figura 9 nota-se claramente a diferença na quantidade de chamadas entre os diversos horários avaliados, sendo que o maior gargalo identificado situou-se entre os horários 7 a 9 que correspondem aos horários das 13h:30min às 16h:30min.

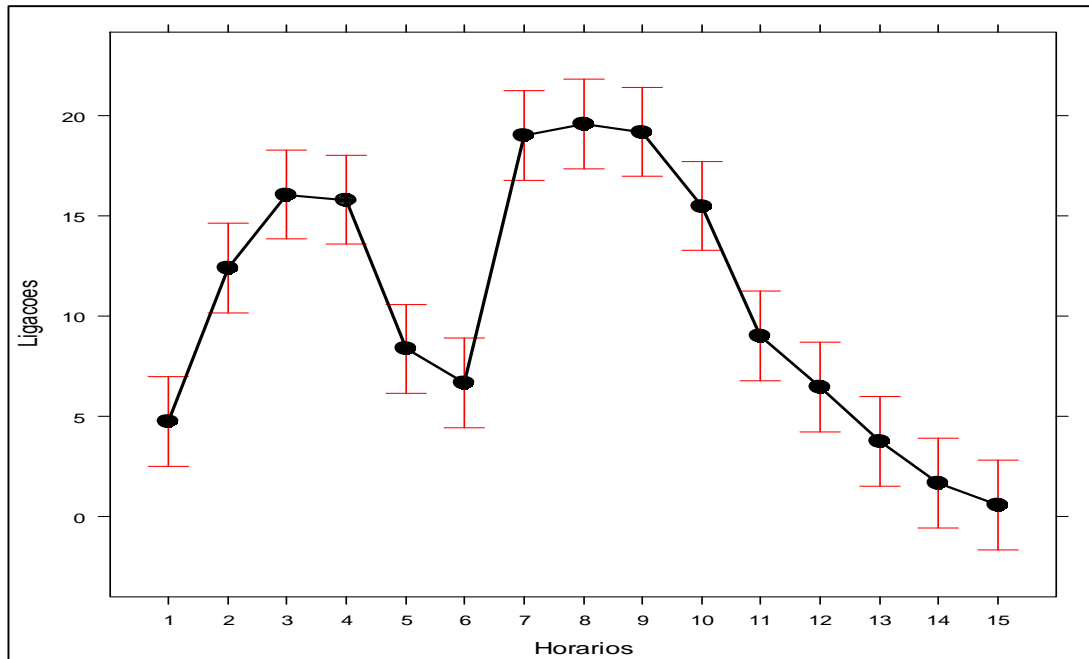


Figura 9. Gráfico Ilustrativo do número de ligações nos 15 horários estudados de hora em hora das 7h:30min às 22h:30min.

Com base nos resultados do teste de Tukey aplicado às médias do número de chamadas, apresentados na Tabela 1, pode-se observar que os horários 7, 8 e 9 foram os mais movimentados. Pode-se verificar também que os horários mais movimentados apresentaram valores de coeficiente de variação menores o que seria mais indicado para coleta de dados visando a aplicação na fórmula Erlang C e futura simulação.

Tabela 1. Comparação de média do número de chamadas recebidas em cada um dos horários estudados, seus respectivos desvios padrão e coeficientes de variação.

Hora de Início	Hora de Fim	Código dos Horários	Média de Chamadas ± desvio padrão	Coefficiente de Variação
7:30	8:30	1	4,74 ± 4,71 ^{bc}	99,42
8:30	9:30	2	12,39 ± 6,96 ^{bc}	56,16
9:30	10:30	3	16,04 ± 5,59 ^{ab}	34,83
10:30	11:30	4	15,78 ± 6,70 ^{ab}	42,50
11:30	12:30	5	8,35 ± 5,15 ^{bc}	61,68
12:30	13:30	6	6,65 ± 2,74 ^{bc}	41,20
13:30	14:30	7	19,00 ± 7,38 ^a	38,87
14:30	15:30	8	19,57 ± 6,11 ^a	31,27
15:30	16:30	9	19,17 ± 8,03 ^a	41,92
16:30	17:30	10	15,48 ± 7,06 ^{ab}	45,60
17:30	18:30	11	9,00 ± 5,78 ^c	64,27
18:30	19:30	12	6,43 ± 3,90 ^c	60,70
19:30	20:30	13	3,74 ± 1,76 ^c	47,17
20:30	21:30	14	1,65 ± 1,43 ^c	86,77
21:30	22:30	15	0,57 ± 0,84 ^c	149,23

Obs. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Esse resultado está de acordo com os resultados observados para a central como um todo deixando claro que os horários localizados no meio da manhã e no meio da tarde mostraram-se mais movimentados, sendo que o gargalo que se forma no período da tarde ainda supera o gargalo da manhã.

Verifica-se também que os horários 3, 4 e 10 não foram significativamente diferente dos três que apresentaram maior demanda, sendo que inclusive ao se realizar uma análise de clusters esses horários se agruparam por apresentarem comportamento de números de chamadas semelhantes (Figura 10).

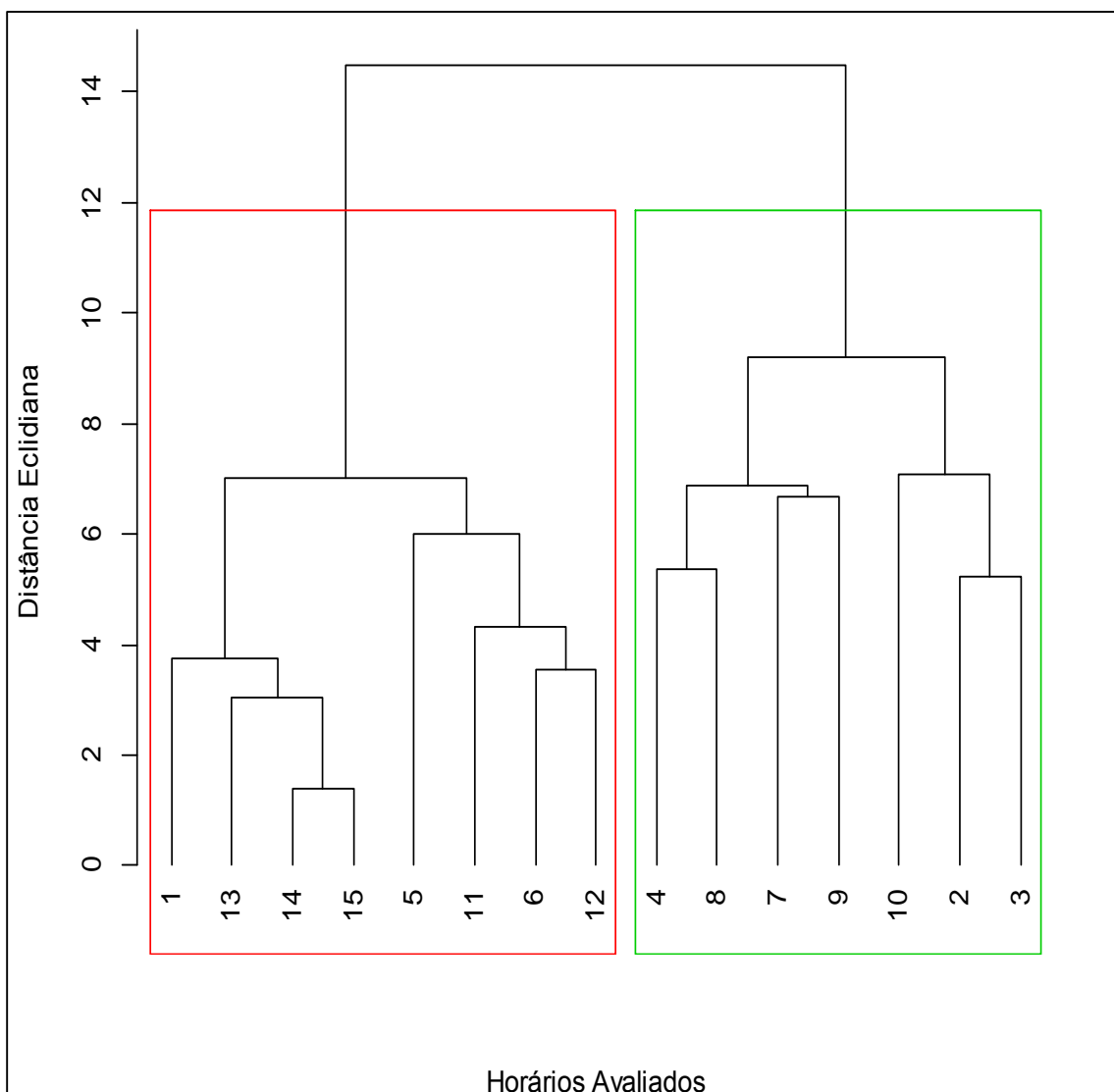


Figura 10. Gráfico Ilustrativo do agrupamento dos horários estudados, separados de hora em hora das 7h:30min às 22h:30min, por meio da análise de clusters baseada no modelo Hierárquico e na distância Euclidiana.

Realizou-se na Figura 11 a construção do gráfico de controle juntamente com os testes propostos por Sincish (2006), para verificar se o processo está ou não sob controle.

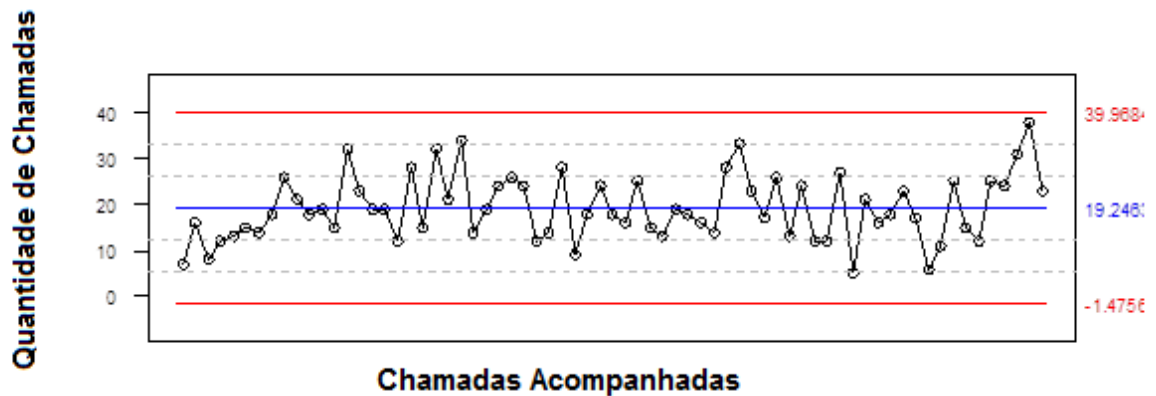


Figura 11: Análise de gráfico de controle nos horários de pico (13h:30min às 16h:30min).

Seguindo, portanto os conceitos descritos pelo autor foram feitas as análises para identificar possíveis pontos que comprometessem o controle do sistema, o gráfico com os três horários de pico (13h:30min às 16h:30min) pode ser observado na Figura 11 e nota-se que o mesmo não apresentou nenhuma irregularidade das seis regras de onde se pode concluir que o processo no período de pico se manteve sob controle.

4.3 ACOMPANHAMENTO DAS TRÊS HORAS DO HORÁRIO DE PICO

Foram acompanhados por meio de cronoanálise os 3 horários de pico em dois dias a saber dia 08 e 10 de outubro de 2014. Pode-se notar que as durações das chamadas de saídas mostraram-se mais homogêneas, porém mais longas que as de entrada (Figura 12 e 13). Sendo que o tempo médio em segundos gasto pela atendente em ligações de saída foi de aproximadamente 41 segundos enquanto que para ligações de entrada foi de 16 segundos.

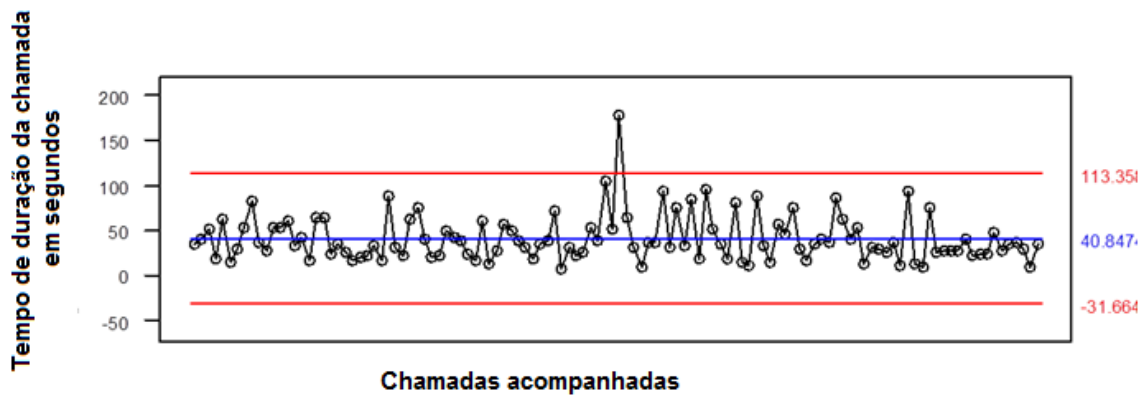


Figura 12. Gráfico de controle do tempo de chamadas de saída da Central Telefônica Observadas durante o acompanhamento realizado pessoalmente por cronoanálise.

O ponto discrepante encontrado na Figura 12 está relacionado com um evento não comum nesta central telefônica, tal disparidade com os outros tempos é devido a uma ligação realizada pela atendente para averiguar o aparelho de ar condicionado de sua sala que estava com defeito.

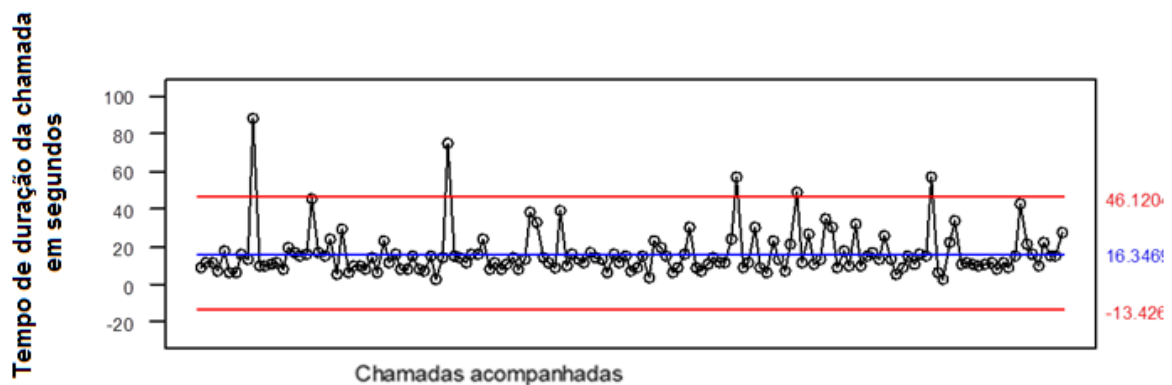


Figura 13. Gráfico de controle do tempo de chamadas de entrada da Central Telefônica Observadas durante o acompanhamento realizado pessoalmente por cronoanálise.

Observando a Figura 13 nota-se que há alguns pontos fora da linha superior de controle, tal fato deve-se a diversidade de pessoas que realizam chamadas para a central telefônica, pois há chamadas que são apenas pedidos para transferência de ramal, outras são mais duradouras pois os remetentes explicam a situação, para que posteriormente a atendente transfira a ligação ao ramal correto, tal evento adiciona alguns segundos a chamadas e explicam o fenômeno observado na figura citada.

4.4 APLICAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS DAS TRÊS HORAS NA FÓRMULA DE ERLANG C

A fórmula de Erlang C se aplica para calcular a probabilidade de uma ligação ficar em fila esperando pelo atendimento, bem como o tempo provável que a mesma permanecerá aguardando, sendo que para tanto se deve limitar um tempo de espera em fila e disponibilizar dados de acompanhamento da central do número de atendentes, o número médio de chamadas que chegam durante uma hora e o tempo médio gasto no atendimento destas chamadas.

Ao se realizar os cálculos pela equação de Erlang C, com os dados médios coletados nos dois dias de acompanhamento os resultados encontrados foram superiores para as duas primeiras horas e um pouco inferior para a terceira conforme se pode observar na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados obtidos para os três horários de pico, em média para os dois dias acompanhados, por meio da aplicação da fórmula de Erlang C.

	Horário 07	Horário 08	Horário 09
Duração média das chamadas recebidas	29,74seg	24,87seg	27,40seg
Número de chamadas recebidas	92	108	66
Atendentes	1	1	1
Tempo médio de espera pretendido	30seg	30seg	30seg
Probabilidade da chamada ficar em espera	74,11%	71,99%	49,50%
Tempo médio de espera calculado	83,01seg	61,71seg	26,46seg

Sendo que a ocupação da funcionária ficou acima de 70% nos dois primeiros horários, porém segundo Wolff (2003) o tempo de fila em períodos de pico pode ser superestimado pelo uso da fórmula de Erlang C e cabe ressaltar que uma espera de 83 segundos apenas no horário mais movimentado não justificaria a colocação de mais uma atendente no posto de trabalho.

No estudo de Leite e Rangel (2012), foram observados vários abandonos de chamada entre tempos de espera mínimos de 27 segundos e máximos de 59 segundos, dessa forma pode-se inferir que dentro da faixa do presente estudo não se teria uma quantidade muito elevada de abandonos de chamada por parte dos usuários, porém vale ressaltar que estes podem acontecer.

Como sugestão poderia ser instalado algum sistema que ocupasse o cliente durante esse tempo de espera ou mesmo o motivasse a aguardar sabendo que o sistema encontra-se com elevada demanda.

4.5 COMPARAÇÃO DO MÉTODO ANALÍTICO DE ERLANG C E SIMULAÇÃO NO ARENA® NOS VALORES MÉDIOS DAS CHAMADAS DO HORARIO DE PICO

Realizou-se posteriormente uma comparação de resultados da aplicação dos dados médios das 3 horas de pico nos dois dias de acompanhamentos, tanto na equação de Erlang C (Figura 14), quanto pela simulação com o software Arena®.

Para realização da simulação pela fórmula utilizou-se o número de atendentes, juntamente com os dados de tempo de espera máximo pretendido, de duração média das chamadas e número de chamadas médios das duas coletas das três horas de pico e se obteve dados de probabilidade da chamada ficar em espera e do tempo médio de espera previsto.

Realizou-se os cálculos para uma Central de atendimento de chamadas com duração média de 27,26 segundos, recebendo durante a média de seu horário de maior movimento 88 chamadas e dispondo de 1 Posição de Atendimento considerando um tempo de espera médio das chamadas pretendido de 30 segundos, o resultado pode ser observado na Figura 14.

Analisando os resultados obtidos pelo cálculo analítico de Erlang C nota-se que a probabilidade de uma chamadas ser colocada em espera seria de 66 %, valor que é responsável pela ocupação da atendente, além disto a espera média calculada para atendimento seria de 52,41 segundos, superior aos 30 segundos pretendidos, o que justifica a existência de horários de pico neste período.

Dados de Entrada:

Duração média da chamada * (em seg.)

Número de chamadas *

Posições de Atendimento (PA) *

Tempo de espera máximo (t) (em seg.)

Resultados:

Probabilidade da chamada esperar para ser atendida %

Espera média para atendimento da chamada s

Chamadas atendidas com tempo de espera menor que (t) %

Figura 14. Imagem da tela da Calculadora de Erlang C após realização dos cálculos.

Após a realização de uma análise estatística criteriosa nos dados coletados do sistema, determinou-se as curvas de distribuição teórica de probabilidades que melhor representem o comportamento estocástico do sistema em estudo, através da ferramenta Input Analyzer do Arena®. Como os p-values dos testes de aderência: teste Chi Square e do teste Kolmogorov-Smirnof são maiores que o nível de significância adotado (0,1) (CHWIF; MEDINA, 2007), concluiu-se que as distribuições, apresentadas na Tabela 3, são as expressões que melhor se adaptaram aos dados coletados no sistema.

Tabela 3: Distribuição de probabilidade.

Itens	Distribuição	Chi Square	Kolmogorov-Smirnov
TE	6+LOGN(3.2,1.24)	<i>p-value</i> =0,763	<i>p-value</i> =0,829
TS	7+GAMM(20.2,2.3)	<i>p-value</i> =0,753	<i>p-value</i> =0,627

Obs. TE: TEMPOS DE ENTRADA; TS: TEMPOS DE SAÍDA.

Um modelo foi elaborado pelo software Arena® e encontra-se apresentado na Figura 15.

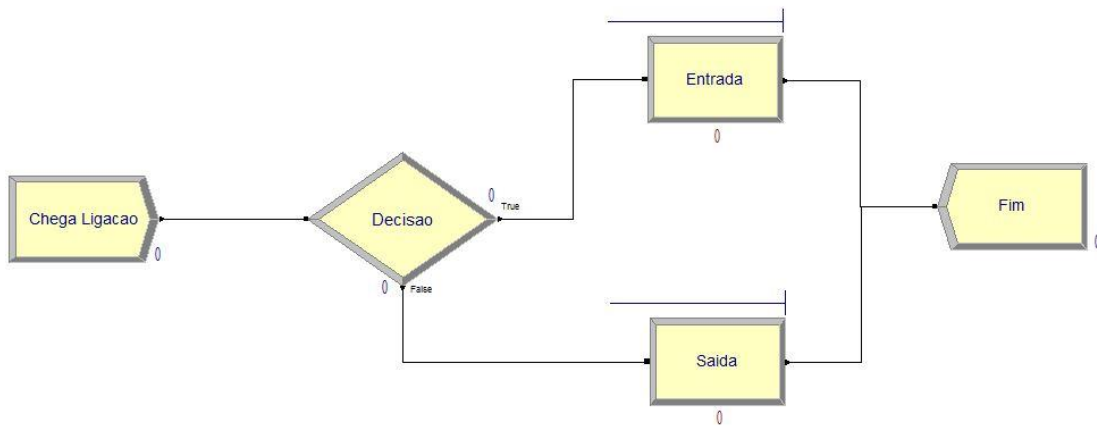


Figura 15. Modelo Computacional Implementado.

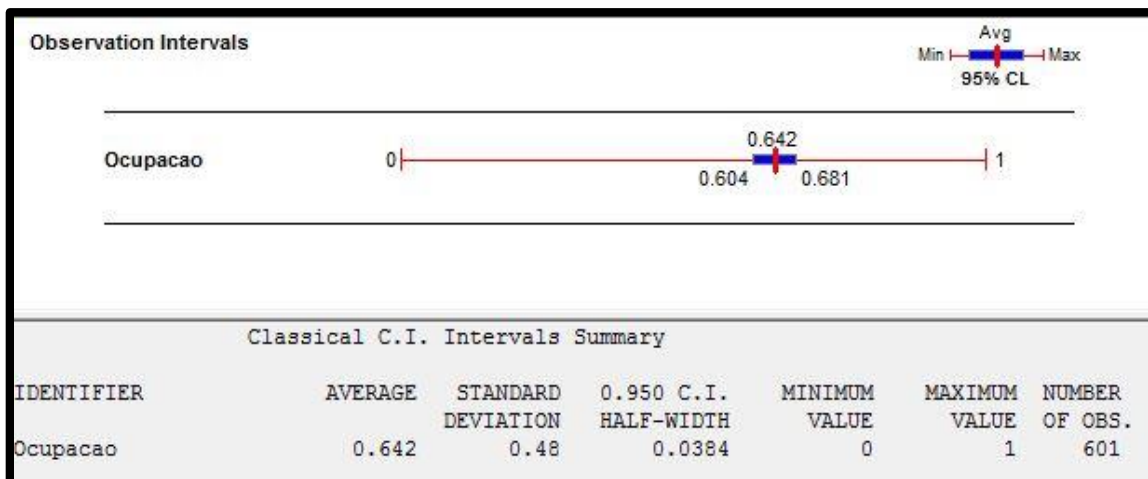


Figura 16. Intervalo Simulado pelo Arena® para Ocupação das Telefonistas.

O resultado obtido por meio de simulação pelo software Arena® para a ocupação da telefonista durante o período de pico foi levemente inferior ao valor encontrado pela equação de Erlang C tendo sido de 64,2% (Figura 16), o que está de acordo com o estudo de Wolff (2003) o qual observou que em períodos de pico os resultados fornecidos pela simulação são inferiores aos encontrados por meio da equação de Erlang C.

6. CONCLUSÃO

Após a coleta dos dados realizou-se análises prévias que identificaram gargalos em horários de disponibilidade do serviço realizado pela central telefônica da instituição.

Com a realização de novos acompanhamentos pontuais nesses horários e realização de avaliações e simulação do processo no software ARENA® e por meio da calculadora Erlang C, observou-se que a calculadora superestima um pouco a ocupação, porém os valores encontrados foram próximos.

Nos estudos a hora de maior pico observada chegou próximo a 70% de ocupação o que ainda não seria o suficiente para justificar a disponibilização de mais um atendente no setor. Mas, por ter sido somente o período da tarde a apresentar um pico superior, o qual durava apenas 3 horas, acredita-se que seria viável um revezamento entre os funcionários do setor para evitar a sobrecarga de apenas um deles.

Os maiores tempos de espera ficaram próximos a 80 segundos o que nos levou a sugerir que se disponibilize um sistema de atendimento automático que esclareça ao cliente a necessidade da espera pela ocupação dos ramais naquele momento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA ET AL. **Controle Estatístico do Processo**. Itu. 2011

ARAUJO, M. ARAUJO, F e ADASSI, P. Distribuição da demanda telefônica de um call center através da criação e priorização de filas inteligentes. **Anais XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto**, 2003.

ARAUJO, M. ARAUJO, F e ADASSI, P. Modelo para segmentação da demanda de um call center em múltiplas prioridades: Estudo da implementação em um call center Telecomunicações. **Revista Produção Online**. vol. 4, p. 3, 2004.

ARGOLO, M. A. T; RAMOS, A. R. N. Organização do trabalho nas centrais de atendimento telefônico: Controle e Produtividade. **Revista Gestão e Planejamento**. Salvador. 2006.

BATANERO C.; ESTEPA A.; GODINO J.D. **Análisis exploratorio de datos: suas posibilidades en la enseñanza secundaria**. Suma, 9, 25-31. 1991.

BOUZADA, M. **Dimensionamento de um call center: Simulação ou Teoria das filas**. Anais SIMPOI. 2009.

BROWN, L.; GANS, N., MANDELBAUM, A., SAKOV, A., ZELTYN, S., ZHAO, L. and HAIPENG, S. **Statistical analysis of a telephone call center: a queueing science perspective**. Working Paper, The Wharton School, 2002.

DÍGITRO. Inteligência Ti telecon. **Fórmula Erlang**. Disponível em: <
<http://www.digitro.com/pt/index.php/sala-imprensa/glossario/Gloss%C3%A1rio-1/F/F%C3%93RMULA-ERLANG-119/>> Acesso em: 30 de junho de 2014.

FERREIRA FILHO, V. J. M. **Processos estocásticos e Teoria das filas**. Rio de Janeiro. COPPE. 176p. Disponível em:<
http://www.iceb.ufop.br/deest/p3f1l_d3p4rt4m3nt03st/arquivos/0.661335001390983227.pdf>. Acesso em: 10 de set. 2014.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena®**. Florianópolis. Visual Books, 2008. 305 p.

FREUND, J. E. **Estatística Aplicada: Economia, administração e contabilidade**. 11^o ed. Porto Alegre; Bookman 2006. 536p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

GONÇALVES, C. F. F. **Estatística**. UEL. Londrina-PR, 2002.

JUNIOR, W. M. P. **Teoria das filas e simulações**. Minas Gerais. Feit. 2011.

KOOLE, G; MANDELBAUM, A. **Queueing Models of Call Centers: An Introduction**. Technion, Out . 2001. Disponível: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.108.4028&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2014.

KLUNGE, R. **Simulation of a Claims Call Center: A Success and a Failure**. In: Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, Farrington, P. A. et al., p. 1648-1653.

LEITE, O. S.; RANGEL, J. J. A. Simulação com otimização: uma aplicação para o dimensionamento de centrais de atendimento. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis, v.4, n.7, p.244-260, 2012.

LIMA, C. L, de. **Dimensionamento básico de centrais via simulação de tráfego telefônico**. Instituto de Estudos Superiores da Amazônia – IESAM AV: Governador Jose Malcher 1175 – Nazaré.2011.

MARINS, F. A. S. **Introdução à Pesquisa Operacional**. São Paulo: Cultura acadêmica, 2011. 176p.

MOREIRA, D. A. **Pesquisa Operacional: Curso Introdutório**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 356 p.

MEDRI, W. **Análise exploratória de Dados**. Centro de Ciências Exatas – CCE. Londrina 2011.

PRADO, D. S. do. **Teoria das Filas e da Simulação**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999. 124 p.

PRADO, D. S, do. **Teoria das Filas e da Simulação**. Volume. 2, Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços, 2009.

PRADO, D. S, do. **Usando o Arena® em Simulação**. Volume. 3, Belo Horizonte: ING Tecnologia e Serviços, 2010.

RAO, C.R. **Statistics: A technology for the millennium Internal**. **J. Math. & Statist. Sci**, Vol. 8, No.1, Junho 1999.

SINCISH, M. B. **Estatística para administração e economia**. 10. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2006.

TAHA, H. A. **Pesquisa Operacional: Uma Visão Geral**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 359 p.

TANIR, O; BOOTH, R. **Call Center Simulation in Bell Canada**. In Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, Farrington, P. A. et al., p. 1640-1647.

TELECO. **Inteligência em Telecomunicação: Fórmula de Erlang C**. Disponível em: < <http://www.teleco.com.br/erlangc.asp> >. Acesso em: 27 de outubro de 2014.

WINSTON, W. L. **Operations Research: Applications and Algorithms**. 4 ed. California: BrooksCole Thomson Learning, 2004

WOLFF, J. F. **Simulação de uma Central de atendimento: uma aplicação**. Dissertação Pós- Graduação, Florianópolis 2003.

YONAMINE, J. **O setor de call centers e métodos quantitativos: uma aplicação da simulação**. Dissertação mestrado, Instituto COPPEAD em Administração, UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.