

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA  
COMPUTAÇÃO**

**Marcus Vinicius Drissen Silva**

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UMA  
PLATAFORMA DE COMUTAÇÃO TELEFÔNICA PARA  
SERVIÇOS ESPECIALIZADOS DE ATENDIMENTO AO  
CLIENTE**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Paulo José de Freitas Filho, Dr. Eng.


Florianópolis, março de 2002.

# AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UMA PLATAFORMA DE COMUTAÇÃO TELEFÔNICA PARA SERVIÇOS ESPECIALIZADOS DE ATENDIMENTO AO CLIENTE

Marcus Vinicius Drissen Silva


Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, Área de Concentração Sistemas de Computação, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

Banca Examinadora



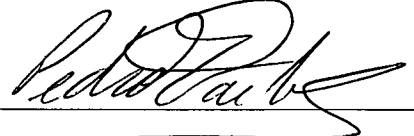
---

Prof. Fernando Álvaro Ostuni Gauthier, Dr. Eng.  
Coordenador do Curso



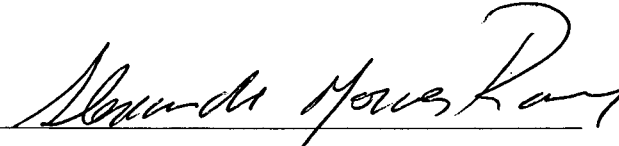
---

Prof. Paulo José de Freitas Filho, Dr. Eng.  
Orientador



---

Prof. Pedro Alberto Barbetta, Dr. Eng.



---

Prof. Alexandre Moraes Ramos, Dr. Eng.

“A ciência das coisas exteriores não me  
consolará da ignorância da moral (...);  
mas a ciência dos costumes me consolará  
sempre da ignorância das ciências exteriores.”

Blaise Pascal

A minha esposa, Vera,  
pelo amor e dedicação  
de todos os dias, e a nossos  
filhos, Camilla e Gustavo,  
que engrandecem o meu ser.



Agradeço a todos que tenham acreditado e valorizado a concepção deste trabalho, especialmente a meu orientador, Paulo Freitas, pela paciência e pela amizade acima de tudo.

Ao Lucio Cesar Cunha, Coordenador do Setor de Treinamento da Dígitro Tecnologia Ltda., por todo seu conhecimento a mim passado.

Aos membros da Banca Examinadora,  
Pedro Alberto Barbeta e  
Alexandre Moraes Ramos,  
que viram potencial neste trabalho.

E a todos os Professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

## Sumário

Lista de Tabelas.....	9
Lista de Figuras.....	10
Resumo.....	12
Abstract.....	13
Capítulo 1 – Introdução.....	14
1.1 INTRODUÇÃO GERAL.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
1.3 PROBLEMA A SER TRATADO.....	15
1.4 OBJETIVOS.....	16
1.5 LIMITAÇÕES.....	16
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
Capítulo 2 – Revisão da Literatura.....	19
2.1 VISÃO DE DESEMPENHO.....	20
2.2 A CENTRAL TELEFÔNICA.....	21
2.3 O SISTEMA TELEFÔNICO.....	23
2.3.1 <i>A Rede Telefônica</i> .....	24
2.3.2 <i>O Call Center</i> .....	25
2.4 EXEMPLOS MOTIVADORES.....	26
2.5 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO.....	28
2.6 SIMULAÇÃO.....	30
2.6.1 <i>Como Simular</i> .....	32
2.7 PLANEJAMENTO DE CAPACIDADE.....	32
2.7.1 <i>Algumas Justificativas do Uso de Planejamento de Capacidade</i> .....	33
Capítulo 3 – Metodologia Empregada.....	34
3.1 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA A SER AVALIADO.....	34
3.2 ESCOLHA DA TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO.....	34
3.3 ESCOLHA DA MÉTRICA DE DESEMPENHO.....	35
3.3.1 <i>Medidas de Desempenho mais Usadas</i> .....	37

3.3.2 <i>Classificação de Utilidade das Medidas de Desempenho</i> .....	37
3.4 CARACTERIZAÇÃO DA CARGA DE TRABALHO .....	38
3.5 OBTENÇÃO DOS DADOS .....	39
3.6 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE DESEMPENHO .....	40
3.7 VALIDAÇÃO DO MODELO DE DESEMPENHO .....	40
3.7.1 <i>Verificação do Modelo</i> .....	40
3.7.2 <i>Validação do Modelo</i> .....	41
3.7.3 <i>Remoção Transitória</i> .....	42
3.7.4 <i>Critério de Parada</i> .....	42
3.8 PROJETO DE EXPERIMENTO .....	43
3.8.1 <i>Projeto de Experimento Fatorial 2<sup>k</sup></i> .....	45
3.8.2 <i>Projeto de Experimento Central Composto</i> .....	45
3.8.3 <i>Metodologia de Superfície de Resposta</i> .....	46
<b>Capítulo 4 – Aplicação da Metodologia e Análise dos Resultados</b> .....	<b>47</b>
4.1 VISÃO GERAL DO SISTEMA .....	47
4.2 EXEMPLOS DE SERVIÇOS E CICLO DE ATENDIMENTO .....	49
4.2.1 <i>Frases e Tempos</i> .....	50
4.2.2 <i>Fluxograma do Atendimento</i> .....	52
4.3 MODELO DE DESEMPENHO .....	54
4.3.1 <i>O Modelo</i> .....	54
4.3.2 <i>Descrição da Sequência de Eventos do Modelo</i> .....	54
4.3.3 <i>Os Fatores</i> .....	57
4.3.4 <i>A Métrica</i> .....	58
4.3.5 <i>A Obtenção dos Dados da Carga de Trabalho</i> .....	58
4.3.6 <i>O Projeto de Experimento</i> .....	60
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	63
4.5 PROJETO DE EXPERIMENTO CENTRAL COMPOSTO .....	66
4.6 FUTUROS CENÁRIOS .....	72
<b>Capítulo 5 – Conclusão</b> .....	<b>75</b>
5.1 APRESENTAÇÃO .....	75
5.2 AVALIAÇÃO DO MODELO .....	76
5.3 RESULTADOS .....	76
5.4 PROJETO DE EXPERIMENTO CENTRAL COMPOSTO .....	77
5.5 NOVOS CENÁRIOS .....	77
5.6 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO .....	78
5.7 LIMITAÇÕES .....	79

5.8 SUGESTÕES DE NOVOS TRABALHOS .....	79
<b>Anexos</b> .....	<b>81</b>
ANEXO A – TRABALHOS RELACIONADOS .....	82
<i>A.1 Sistemas de Telefonia</i> .....	82
<i>A.2 Análise de Desempenho em Sistemas Cliente/Servidor</i> .....	85
<i>A.3 Utilização da Simulação como Ferramenta</i> .....	87
<i>A.4 Desempenho em Protocolos e Aplicações de Internet</i> .....	88
ANEXO B – DADOS DE LEVANTAMENTO DE TRÁFEGO .....	90
ANEXO C – MODELO DE DESEMPENHO NO ARENA .....	96
ANEXO D – RESULTADO DA SIMULAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO ATUAL .....	97
ANEXO E – TABELA DOS RESULTADOS DO PROJETO DE EXPERIMENTO FATORIAL $2^k$ .....	100
ANEXO F – TABELA DOS RESULTADOS DO PROJETO DE EXPERIMENTO CENTRAL COMPOSTO .....	101
ANEXO G – RELATÓRIO DE SAÍDA DO STATISTICA E GRÁFICOS DO PROJETO DE EXPERIMENTO FATORIAL $2^k$ ( $k = 4$ ) .....	102
ANEXO H – RELATÓRIO DE SAÍDA DO STATISTICA E GRÁFICOS DO PROJETO DE EXPERIMENTO CENTRAL COMPOSTO .....	106
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>109</b>

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Combinações dos Níveis dos Fatores, para o Nível Baixo do Fator Troncos, e os Resultados de Tempo de Resposta das Quatro Replicações de Simulação para Cada Combinação .....	62
Tabela 2 – Combinações dos Níveis dos Fatores, para o Nível Alto do Fator Troncos, e os Resultados de Tempo de Resposta das Quatro Replicações de Simulação para Cada Combinação .....	63
Tabela 3 – Tabela com os Efeitos dos Fatores sobre o Desempenho do Sistema .....	65
Tabela 4 – Pontos dos Níveis dos Fatores do Projeto de Experimento Central Composto e os resultados de Tempo de Resposta das Simulações .....	68
Tabela 5 – Tabela com os Efeitos dos Fatores no Projeto de Experimento Central Composto ...	69
Tabela 6 – Níveis dos Fatores e Resultados das Simulações Adicionais .....	73

## Lista de Figuras

Figura 1 – Estrutura da Rede Telefônica Pública Comutada (RTPC) .....	24
Figura 2 – Estrutura Básica de um Call Center .....	26
Figura 3 – Critérios para Seleção de uma Técnica de Avaliação .....	28
Figura 4 – Três Possíveis Resultados da Requisição de um Serviço .....	36
Figura 5 – Projeto de Experimento Central Composto de Dois Fatores .....	46
Figura 6 – Diagrama em Bloco de um AXS/20 .....	48
Figura 7 – Fluxograma do Ciclo de Atendimento dos Serviços e Tempos .....	53
Figura 8 – Seqüência de Alocação dos Recursos do Sistema .....	55
Figura 9 – Número de Chamadas Entrantes por Segundo, ao Longo de um Dia .....	59
Figura 10 – Número de Chamadas Entrantes por Segundo, na Hora de Maior Movimento .....	60
Figura 11 – Tempo entre Chegadas das Ligações Telefônicas, na Hora de Maior Movimento ...	60
Figura 12 – Fatores e Níveis para a Avaliação de Desempenho do Sistema .....	61
Figura 13 – Fatores e Níveis de Desempenho e Valores Atuais .....	61
Figura 14 – Gráfico de Pareto, com os Efeitos dos Fatores sobre o Desempenho do Sistema ....	64
Figura 15 – Gráfico de Resíduos .....	66
Figura 16 – Pontos do Projeto de Experimento Central Composto .....	67
Figura 17 – Gráfico de Pareto, com os Efeitos dos Fatores no Projeto de Experimento Central Composto .....	69

Figura 18 – Gráfico do Tempo de Resposta em Função de Troncos e PAs .....	70
Figura 19 – Gráfico de Curvas de Nível para a Função Tempo X PAs X Troncos .....	71
Figura 20 – Gráfico de Pareto, com os Efeitos dos Fatores para os Novos Cenários .....	73

## Resumo

Uma plataforma de comutação telefônica que atende a serviços especializados tem uma arquitetura cliente/servidor que disponibiliza aos usuários os recursos comuns, para atender às requisições que cada cliente envia ao servidor. O tempo que o cliente espera para obter a resposta vinda do servidor é fator determinante para o desempenho do sistema. Neste trabalho, é concebido um modelo de simulação de uma plataforma com essas características, a fim de se aplicar uma metodologia de avaliação de desempenho, abrindo caminho para um planejamento de capacidade sobre o modelo concebido. São aplicados dois diferentes tipos de projeto de experimento, o Fatorial  $2^k$  e o Central Composto. No primeiro projeto de experimento, utilizam-se quatro fatores, e de posse dos dois fatores mais significativos aplica-se o segundo projeto de experimento para verificar se há interação quadrática entre eles. Assim, determinam-se quais são os fatores mais significativos para o desempenho da plataforma e, conseqüentemente, quais os que devem ser aumentados em número, para suportar um possível aumento na demanda, sem que o desempenho tenha degradação.



## **Abstract**

A telephonic exchange equipment that renders specialized services has a Client/Server architecture that offers to the users the available resources to attend the requirements from each client to the server. The response time is a determinant factor for the system performance. In this current work, a simulation model of an equipment with these characteristics is conceived in order to apply a methodology of performance evaluation opening a way to a capacity planning about the conceived model. Two different experimental designs are applied, the  $2^k$  Factorial and the Central Composite. In the first design four factors are used, and with the two more significant factors is applied the second design in order to verify a quadratic interaction among them. Thus, the most significant factors to the equipment performance are found and consequently, the ones that have to be increased in order to support a demand increase without a performance degradation.

## **Capítulo 1 – Introdução**

### **1.1 Introdução Geral**

Dentro de um mundo cada vez mais globalizado, a necessidade de se ter competência na hora de oferecer um produto ou serviço está sendo primordial para se ter sucesso nos negócios. No campo da telefonia, especialmente no Brasil de hoje, tem-se um mercado dividido por setores que apresenta concorrência acirrada nos níveis nacional e internacional.

A tecnologia instalada no parque nacional de telecomunicações é, em sua grande maioria, estrangeira. Utiliza-se o que há de mais moderno no mundo em termos de transmissão de dados, implantações de redes de computadores de alta velocidade e satélites, configurando-se um conjunto de equipamentos de primeira linha aptos a oferecer serviços da maneira mais satisfatória possível.

Os primeiros sistemas telefônicos eram totalmente analógicos. O avanço da tecnologia vem transformando a telefonia em sistemas quase totalmente digitais. Essa transformação cria o termo Telemática, que traduz o uso de sistemas de telefonia em conjunto com a informática.

Em um segmento que é dominado pelas grandes corporações mundiais de telefonia, opera o AXS/20 (Advanced eXchange System), que é produzido em Santa Catarina pela Dígito Tecnologia Ltda. e está instalado por todo o território nacional. O AXS/20 é um sistema capaz de automatizar serviços especializados de atendimento ao cliente usuário.

O AXS/20 é o alvo de análise deste trabalho e serve como um estudo de caso das plataformas existentes no mercado aptas a oferecer os mesmos serviços que ele oferece.

### **1.2 Justificativa**

O foco principal deste estudo está no assinante de uma linha telefônica, que, se satisfeito com os serviços prestados pela concessionária de telefonia, ajuda-a a se manter no mercado. Por sua vez, a operadora continuará tendo confiabilidade no equipamento responsável pela

automatização dos serviços que essa concessionária oferece a seus usuários. Assim, caracteriza-se um ciclo de integração: o fabricante da plataforma, que objetiva a satisfação de seu cliente; a concessionária, que precisa da satisfação do assinante; e o próprio assinante, o qual estará bem atendido se o sistema funcionar adequadamente.

A avaliação de desempenho aqui proposta visa, então, na sua essência, verificar se o usuário final da concessionária de telefonia está sendo bem atendido pela plataforma de comutação que oferece os serviços.

Muitos dos serviços prestados pelas operadoras de telefonia necessitam de Posições de Atendimento (PA), tal como o serviço 102 (auxílio à lista). Recentemente, em virtude de contenção de despesas, a empresa Telesc Brasil Telecom dispensou todo o seu efetivo que trabalhava nessas Posições de Atendimento para terceirizar o serviço. Esse fato pode ocasionar queda no desempenho do atendimento se a empresa que estiver prestando tal serviço não tomar cuidado no dimensionamento de Posições de Atendimento ligadas à plataforma de telefonia.

Um sistema automatizado de prestação de serviços telefônicos, às vezes, fica na dependência da qualidade e na quantidade de elementos humanos, para que tenha um desempenho satisfatório.

Oferecer uma demonstração simulada dos vários cenários de configuração de uma plataforma, a fim de apontar a qualidade do desempenho do cenário atual e de indicar um possível cenário ótimo, justifica o estudo aqui proposto e enfatiza a importância da aplicação de uma metodologia de avaliação de desempenho, bem como do planejamento de capacidade.

### **1.3 Problema a Ser Tratado**

A avaliação de desempenho de uma plataforma de serviços especializados de telefonia objetiva, essencialmente, a identificação do principal fator que pode vir a se tornar um gargalo com o crescimento da demanda com relação aos serviços prestados.

Com a identificação dos fatores mais críticos para o desempenho do sistema, os quais podem ocasionar atrasos maiores no atendimento caso não estejam bem dimensionados, têm-se condições de construir um modelo de desempenho que represente o funcionamento da plataforma de forma mais próxima da realidade.

Tendo-se em mãos uma amostra do tráfego telefônico atual do sistema, aplicado ao modelo de desempenho concebido, pode-se determinar qual fator deverá ser primeiramente atualizado, em termos de capacidade, de forma a manter um desempenho satisfatório. O que se pretende, então, é apontar o ponto mais sensível do sistema com relação a seu desempenho.

## 1.4 Objetivos

### *Geral*

- Aplicar uma metodologia de avaliação de desempenho, a fim de identificar o(s) principal(is) fator(es) que causa(m) efeito no desempenho do sistema, através de um modelo de simulação que represente as características de uma plataforma de comutação.

### *Específicos*

- Levantar todas as características do sistema;
- obter uma amostragem de tráfego telefônico que chega à plataforma (carga de trabalho);
- construir um modelo de simulação;
- aplicar metodologia de avaliação de desempenho com um projeto de experimento apropriado;
- executar simulações dos cenários associados ao projeto de experimento escolhido; e
- utilizar ferramenta específica de tratamento estatístico de dados, para analisar os resultados obtidos.

## 1.5 Limitações

Como o foco deste estudo está baseado na decisão de escolha de um equipamento específico, o modelo de simulação foi desenvolvido segundo as características dessa plataforma. Assim, o modelo fica limitado apenas a plataformas que tenham as mesmas características de

prestação de serviços, ou seja, apenas equipamentos que podem atender aos mesmos serviços que essa plataforma oferece.

Para plataformas que atendem a outros serviços, provavelmente haverá que se fazer alterações no modelo de simulação, contudo a metodologia e a análise de resultados poderão ser empregadas da mesma maneira.

Além disso, são desconsiderados os atrasos inerentes ao acesso à base de dados corporativa da empresa de telefonia que possam acontecer em virtude de problemas na transmissão dos dados. Considera-se apenas que há um pequeno atraso, com pouca variabilidade, em condições de transmissão normais.

## 1.6 Estrutura do Trabalho

No Capítulo 2, a seguir, são descritos tópicos, levantados em revisão da literatura, relacionados com telecomunicações, *call center*, avaliação de desempenho, simulação de sistemas e planejamento de capacidade, necessários para o alcance dos objetivos do trabalho.

O Capítulo 3 descreve toda a metodologia a ser empregada e os passos a serem seguidos para a concretização da pesquisa e finalização do trabalho.

Em seguida, no Capítulo 4, são apresentados uma descrição detalhada do sistema, a forma como foi aplicada a metodologia, os resultados obtidos e a conclusão do experimento.

No Capítulo 5 são apresentadas as considerações finais sobre o estudo, contendo as conclusões principais sobre os resultados obtidos, bem como as contribuições do trabalho, limitações e sugestões para novos trabalhos.

Em anexo são apresentados alguns elementos que fizeram parte de todo o desenvolvimento do trabalho e que acrescentam informações adicionais ao texto. Estão assim dispostos:

Anexo A – Trabalhos Relacionados. São descritos trabalhos que têm relação com o tema desta dissertação;

Anexo B – Dados de Levantamento de Tráfego. É um arquivo de *log* que apresenta a carga de trabalho do sistema;

Anexo C – Modelo de Desempenho no Arena. Visão geral do modelo programado no ambiente de simulação Arena;

Anexo D – Resultado da Simulação da Configuração Atual. Apresenta o resultado da simulação do modelo, com as configurações atuais do sistema;

Anexo E – Tabela dos Resultados do Projeto de Experimento Fatorial  $2^k$ . Mostra os resultados das simulações, tabulados com os níveis codificados dos fatores do projeto de experimento fatorial  $2^k$ ;

Anexo F – Tabela dos Resultados do Projeto de Experimento Central Composto. Mostra os resultados das simulações, tabulados com os níveis codificados dos fatores do projeto de experimento central composto;

Anexo G – Relatório de Saída do Statistica e Gráficos do Projeto de Experimento Fatorial  $2^k$ . Relatório de saída completo, com gráficos adicionais, do projeto de experimento fatorial  $2^k$ ; e

Anexo H – Relatório de Saída do Statistica e Gráficos do Projeto de Experimento Central Composto. Relatório de saída completo, com gráficos adicionais, do projeto de experimento central composto.

## Capítulo 2 – Revisão da Literatura

Os sistemas computacionais passam por um processo evolutivo muito acelerado, tanto em relação à tecnologia empregada quanto ao número de usuários. Impulsiona muito essa evolução o fato de que a sociedade apresenta cada vez mais necessidades a partir das soluções advindas da informática. Da mesma forma, as novas possibilidades trazidas pela evolução dos sistemas motivam importantes transformações na sociedade.

As primeiras redes locais surgiram em 1980, e seu objetivo inicial era de dispor os computadores pessoais juntos, compartilhando recursos de alto custo, tais como impressoras de alta velocidade. Atualmente, as redes de computadores compartilham muito mais do que simples periféricos. A evolução da tecnologia de redes permitiu que a interligação de computadores ultrapassasse os limites dos escritórios e organizações, surgindo redes de médio e longo alcances. A criação da Internet fez supor que o computador seria um dos meios de comunicação mais importantes, possibilitando a união de sistemas heterogêneos espalhados por todo o mundo. A Internet utilizou-se de um sistema de rede mais antigo, o sistema telefônico, para poder ser implantada com maior facilidade.

A telefonia tinha como propósito inicial trafegar voz, porém, com todo o avanço da tecnologia dos computadores, os sistemas telefônicos atuais passaram a ter características de tecnologia de conectividade de redes de computadores, fazendo com que uma central telefônica figure como um dos muitos dispositivos instalados em rede, a fim de oferecer os serviços de telefonia a que uma operadora se propõe. As centrais telefônicas transformaram-se de analógicas em digitais, ganharam processos inteligentes de automatização, diminuíram de tamanho e passaram a atender, simultaneamente, muito mais usuários. Essas transformações se deram em função do avanço da tecnologia dos computadores.

Dentro do cenário de grande competitividade com que se depara uma concessionária de serviços telefônicos, é crucial a satisfação do usuário. Sendo essa peça fundamental para a viabilidade econômica da operadora, deve-se dar muita importância à qualidade da prestação dos serviços, procurando, assim, implantar o que há de mais moderno em termos de tecnologia, com

redes de alto desempenho, plataformas com grandes garantias de plena operabilidade e, principalmente, que ofereçam velocidade em seu atendimento.

Um ponto importante na concepção de redes de alta performance é verificado na habilidade de modelar e estimar os parâmetros de desempenho. Estimar o volume de tráfego futuro, baseado na observação das características do tráfego atual, é proposta altamente relevante quando se fala de planejamento de capacidade de um sistema computacional. A avaliação de desempenho é um processo que precede o planejamento de capacidade, verificando o comportamento do sistema em seu estado atual. A engenharia de performance de software (SPE), por sua vez, é uma metodologia de construção de sistemas que atendam aos objetivos de desempenho, seja para sistemas novos a serem implantados, ou para sistemas que estejam sofrendo a troca de *mainframes* para sistemas distribuídos, por exemplo.

Quando se fala de plataformas telefônicas dedicadas a atender a serviços especializados, tais como auxílio à lista, informações sobre tarifas ou hora certa, está-se referindo a um equipamento baseado em arquitetura cliente/servidor, que compartilha vários recursos a fim de poder atender às solicitações de seus usuários. A forma como esses recursos são alocados e liberados, somada ao tempo de utilização, vai determinar a agilidade do atendimento às solicitações. O desempenho do sistema está, então, diretamente ligado ao dimensionamento dos recursos disponíveis.

## 2.1 Visão de Desempenho

Os sistemas do tipo cliente/servidor têm sua qualidade de desempenho associada à velocidade de transmissão dos dados ao longo da rede, somada aos atrasos nas utilizações dos outros recursos compartilhados, o que normalmente é medido em termos de tempo de resposta de uma determinada requisição, ou em termos de *throughput*, que é a quantidade de informação transmitida num determinado período.

O tempo de resposta é a quantidade de tempo necessária para que uma requisição feita por um determinado cliente seja completada. É uma visão de desempenho vista pelo lado do cliente ou usuário. Renaud (1994) cita que, normalmente, o tempo de resposta é estimado a partir de um certo número de transações completadas, obtendo-se o tempo médio por transação, sempre



medido desde o momento em que o usuário inicia seu pedido até o momento em que os resultados chegam até ele.

Se considerarmos uma empresa que oferece serviços a seus usuários utilizando a implementação de um sistema cliente/servidor, a visão de desempenho da empresa estará sempre focada no *throughput*, buscando aumentá-lo o máximo possível, como forma de diminuir ao mínimo o tempo de resposta a seus clientes. Logicamente, quanto maior o número de transações por segundo realizadas, mais rapidamente os clientes estarão recebendo suas respostas requisitadas.

## 2.2 A Central Telefônica

A responsabilidade de uma central telefônica é fazer a comutação de sinais entre os usuários. Cada uma das centrais está interligada às outras por meio de cabos ópticos ou pares de cabos coaxiais. A comutação evoluiu desde o tipo manual (parte humana, parte mecânica), passando pelo automático, eletromecânico, eletrônico e, finalmente, digital.

Em maio de 1965, foi instalada pela AT&T a primeira central pública de programa armazenado, em New Jersey, EUA. Seu nome era IESS (No. 1 Electronic Switching System) e estimulou o interesse mundial em controle por programa armazenado (Stored Program Control – SPC), que apresentava uma série de vantagens sobre os sistemas anteriores:

- *flexibilidade – facilidade de reconfiguração, inclusive remotamente pelo fabricante, sem que a central seja desligada;*
- *facilidades para os assinantes – serviços especiais;*
- *facilidades administrativas – melhor controle operacional;*
- *velocidade de estabelecimento da ligação;*
- *economia de espaço – dimensões muito reduzidas;*
- *facilidade de manutenção – menor taxa de falhas;*
- *qualidade da conexão – sinal digital;*
- *potencial para outros serviços;*
- *custo; e*
- *tempo de instalação.*

As principais funções de uma central telefônica, basicamente, continuam as mesmas desde sua invenção:

- *atendimento* – o sistema monitora todas as linhas para detectar pedidos de chamada;
- *recepção de informação* – além dos sinais de solicitação e término da chamada, recebe informações como endereço da linha chamada e oferece serviços de valor adicionado;
- *processamento da informação* – interpreta as informações, para saber quais ações devem ser tomadas;
- *teste de ocupado* – verifica a disponibilidade do circuito entre assinante chamador e assinante chamado;
- *interconexão* – uma chamada entre dois usuários gera uma seqüência de três conexões: ligação para o terminal que originou a chamada, ligação com o terminal chamado e conexão entre os dois terminais;
- *alerta* – o sistema alerta o usuário chamado e envia um tom característico para o assinante que chama;
- *supervisão* – a supervisão da chamada é feita durante todo o tempo para a tarifação e determinação do instante em que o circuito deve ser desconectado;
- *envio de informação* – ocorre quando um usuário está conectado a outra central. A central de origem deve enviar informações para a outra central, tais como endereço para ser processado na central de destino.

Entre os vários fabricantes de centrais telefônicas atuantes no mercado, pode-se citar Unisys, Lucent, Philips, Ericsson e AT&T, que são empresas de renome mundial no segmento de telecomunicações. Um fabricante pode produzir centrais telefônicas exclusivamente para comutação entre assinantes, que operam as características expostas acima, assim como outros modelos de centrais, com características próprias, para executar serviços especiais, tais como interceptação de chamadas, caixa postal telefônica e *call center*.

No momento em que o cliente comprador analisa as características do equipamento com a intenção de escolher entre um e outro fabricante, os itens mais importantes são:

- certificação emitida pela Anatel (item obrigatório);
- certificado ISO 9001;

- preço; e
- marca do fabricante (dá indícios de confiabilidade pela reputação conhecida).

Considerando-se o critério “marca do fabricante”, a maioria dos grandes fabricantes de plataformas de telecomunicações é formada por multinacionais. Assim, eles não têm muita dificuldade na difusão de seu nome, porém seu preço de mercado é suficientemente elevado para que não se descarte uma análise de propostas de empresas um pouco menores, que podem ofertar produtos de boa qualidade, com preços bem mais acessíveis.

A plataforma AXS/20 (Advanced eXchange System), de produção nacional, é uma Central de Comutação Digital por Programa Armazenado Temporal (CPA-T) para automação de serviços telefônicos que, apesar de poder assumir o papel de central de comutação pública entre assinantes, possui características especiais que possibilitam a execução de tarefas mais aprimoradas, tais como:

- interceptação de chamadas;
- *call center* (ex.: auxílio à lista);
- serviço de resposta de mensagens gravadas (ex.: hora certa); e
- serviço de resposta programável pelo usuário (ex.: despertador automático).

Em serviços que necessitam de elementos humanos em posições de atendimento, nos chamados serviços de *call center*, o serviço não é totalmente automatizado, fazendo com que o sistema tenha uma certa dependência em termos de desempenho, de agilidade e de produtividade dos funcionários que estão realizando o atendimento. Assim, o estudo do desempenho da plataforma aqui proposto também depende desses fatores humanos.

## 2.3 O Sistema Telefônico

Em torno de plataformas telefônicas de serviços de atendimento ao usuário, especialmente aquelas que necessitam de Posições de Atendimento, existem duas infra-estruturas indispensáveis para o funcionamento do sistema, que são: a rede telefônica pública comutada (RTPC) e o centro de atendimento (*call center*).

### 2.3.1 A Rede Telefônica

O sistema de telecomunicações brasileiro é classificado como policêntrico, por possuir várias centrais em áreas separadas. As centrais telefônicas são classificadas de acordo com sua função.

**Central Local** – Atende assinantes dentro de uma área específica. Uma central local está associada ao prefixo do telefone do assinante (por exemplo, prefixo 228 para a central da Agrônômica em Florianópolis – SC). Cada central local possui até 10.000 terminais.

**Central Tandem** – A função Tandem é fazer a comutação entre as várias centrais locais que existem em regiões metropolitanas.

**Central Trânsito** – Tem a função de intercomunicar várias centrais Tandem. É responsável pelas comutações interurbana e internacional, podendo existir, então, a central trânsito nacional e a central trânsito internacional.

Uma plataforma com as características de atendimento a serviços especializados, tal como o AXS/20, tem a si conectadas todas as centrais Tandem de uma região metropolitana, a fim de poder atingir todas as centrais locais. A Figura 1 representa graficamente a disposição dos diferentes tipos de centrais telefônicas dentro do sistema telefônico.

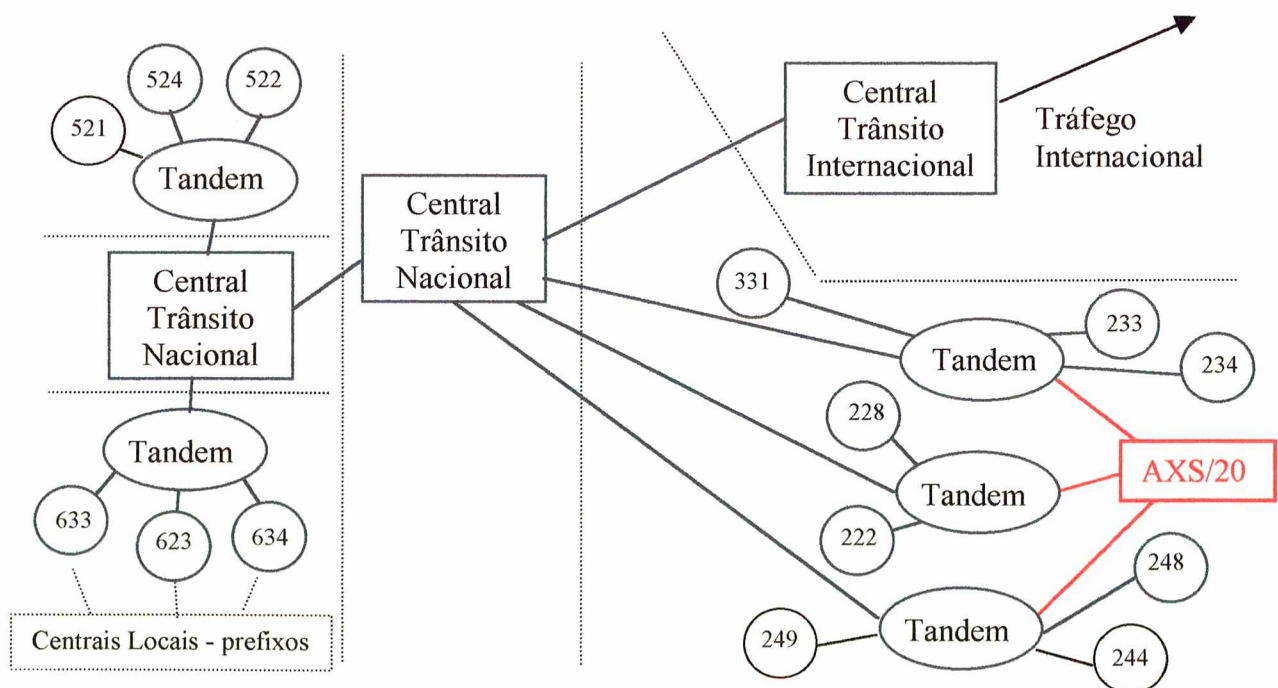


Figura 1 – Estrutura da Rede Telefônica Pública Comutada (RTPC).

### 2.3.2 O Call Center

O triângulo formado pela confluência de telecomunicações, computadores e marketing dá origem aos novos serviços de apoio ao consumidor, normalmente centralizados em um número de prefixo 0800. Em centros de atendimento ao usuário de serviços telefônicos, são estabelecidos números próprios para cada tipo de serviço que o usuário pretende utilizar, como, por exemplo, 102 (auxílio à lista) ou 101 (DDD com auxílio da telefonista).

Um *call center* não é apenas espaço físico, equipamentos e pessoas. É a perfeita interação entre hardware, software e o talento humano. Tido como uma importante forma de contato direto entre a empresa e seus clientes, o *call center* precisa ser composto de pessoal bem treinado, a fim de poder dispor ao usuário uma informação clara e precisa, com a maior agilidade possível.

Na maior parte das situações, o *call center* é denominado de receptivo, caso em que os atendentes ficam aguardando o usuário fazer uma chamada, realizando, assim, sua solicitação. Porém, existem os *call centers* chamados ativos, nos quais são os atendentes que geram a ligação aos clientes, situações que ocorrem em casos de cobrança, oferecimento de novos produtos ou resposta a solicitações prévias dos usuários. Em ambos os casos, a estrutura montada para seu funcionamento é idêntica, a não ser pelo fato de que o *call center* receptivo não pode gerar chamada de maneira nenhuma.

Os principais elementos que fazem parte da estrutura de um *call center* podem ser visualizados na Figura 2 e estão relacionados a seguir.

**Matriz de Comutação** – Principal elemento de uma plataforma de comutação telefônica. Permite interligar, no momento adequado, a chamada de um usuário a um atendente do sistema, ou a qualquer outro dispositivo automático existente para agilizar a prestação do serviço.

**Posição de Atendimento (PA)** – É o posto de trabalho de um atendente, onde normalmente se tem um microcomputador e um *head-set* (aparelho de telefone cujo monofone é um fone de ouvido com microfone), ambos conectados à plataforma de comutação.

**Unidade de Resposta Audível (URA)** – Também chamada de máquina de mensagens, é responsável pela reprodução das mensagens gravadas que irão vocalizar ao usuário a informação solicitada. É um elemento que agiliza o atendimento de novos usuários, no momento em que outros estejam ouvindo mensagens gravadas.

**Posição de Supervisão** – É uma PA operada por um supervisor de serviço, o qual pode monitorar, interceder e gravar as conversações entre usuário e atendente do serviço.

**Unidade de Monitoração, Gravação e Conferência (UMGC)** – É o dispositivo do sistema que permite a monitoração pelo supervisor e a gravação dos diálogos.

**Troncos** – Linhas telefônicas digitais ligadas à rede telefônica.

**Filtros Digitais** – São DSPs (Digital Signal Processors) responsáveis pela sinalização de linha das chamadas telefônicas e pelo reconhecimento de cifras utilizadas para navegação em menu gravado.

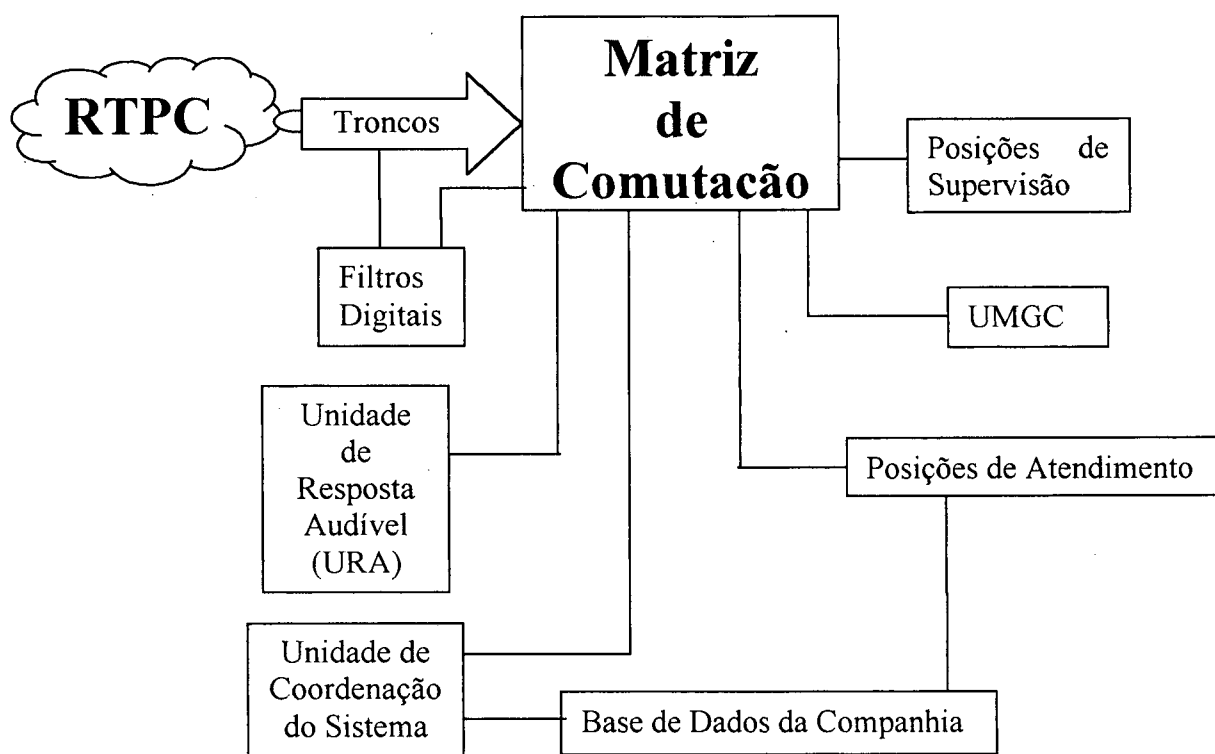


Figura 2 – Estrutura Básica de um *call center*.

## 2.4 Exemplos Motivadores

Um exemplo voltado para a aplicação acadêmica, que deu início ao aprofundamento do estudo sobre sistemas cliente/servidor, é apresentado por Menascé (1994), que propõe um modelo de desempenho de um sistema cliente/servidor e prevê a aplicação da metodologia de

planejamento de capacidade. Nesse caso, Menascé cita a troca de *mainframe* pelo paradigma cliente/servidor.

Esse modelo é baseado em uma rede local composta por 20 estações de trabalho e um servidor de banco de dados, cujos dados estão armazenados em apenas um disco. A LAN que interconecta as estações e o servidor tem capacidade nominal de transmissão de 10 Mbps. Cada estação é operada por um funcionário de uma empresa que presta informações por telefone. Ao receber uma ligação, o operador envia uma requisição ao servidor e fica ocioso esperando pela resposta. Essa requisição é um comando de consulta ao banco de dados e é conferida localmente antes de ser submetida à rede. O exemplo descreve algumas características, tais como velocidade de processamento nas estações de trabalho, no servidor, distribuições de probabilidade do tamanho das requisições e dos resultados, e tempo gasto no acesso ao disco (rotação do disco, *seek time* e taxa de transferência):

A proposta do modelo é avaliar o desempenho do sistema, considerando-se quatro fatores, cada um com dois níveis, isto é, partindo do princípio de que a velocidade da CPU no servidor é de 25 MIPS e de que a velocidade da CPU na estação de trabalho é de 1 MIPS, são levantadas questões como:

- O que aconteceria se fosse aumentada a velocidade da CPU do servidor para 40 MIPS?
- O que aconteceria se fosse aumentada a velocidade da CPU da estação de trabalho para 2 MIPS?
- E se o número de estações duplicasse?
- Se se aumentasse de um para dois discos no servidor?

O valor verificado no modelo é o tempo de resposta, desde o momento em que o operador submete o comando à rede até o momento em que recebe o resultado.

A partir desse exemplo foi elaborado um levantamento dos trabalhos e artigos que estão relacionados no Anexo A.

## 2.5 Avaliação de Desempenho

Segundo Jain (1991), escolher uma técnica de avaliação e escolher uma métrica são dois passos importantes em qualquer projeto de avaliação de desempenho.

As três técnicas de avaliação de desempenho são modelagem analítica, simulação e medição. Existem várias considerações que ajudam a decidir qual técnica usar. Essas considerações são mostradas e ordenadas na Figura 3, em ordem decrescente de importância.

Critério	Modelagem Analítica	Simulação	Medição
1. Etapa	Qualquer	Qualquer	“Protótipo Final”
2. Tempo Disponível	Pequeno	Médio	Variável
3. Ferramentas	Analistas	Linguagens Computacionais	Instrumentação
4. Precisão *	Baixa	Moderada	Variável
5. “Equilíbrio de Parâmetros”	Fácil	Moderado	Difícil
6. Custo	Pequeno	Médio	Alto
7. Aceitabilidade	Baixa	Média	Alta

\* Em todos os casos, os resultados podem ser enganosos ou errados.

Figura 3 – Critérios para Seleção de uma Técnica de Avaliação.

A principal consideração é a fase do ciclo de vida em que o sistema se encontra. Medição somente é possível se algo similar ao sistema proposto já exista, como quando se deseja melhorar a versão de um produto. Se for um projeto novo, somente se pode escolher modelagem analítica ou simulação. Essas técnicas são usadas também quando a medição não é possível, mas geralmente é mais convincente, nas outras situações, se a modelagem analítica ou a simulação forem baseadas em uma medição prévia.

A próxima consideração é o tempo disponível para se fazer a avaliação. Na maioria dos casos, os resultados são requeridos com urgência. Se for esse o caso, a modelagem analítica é, provavelmente, a única escolha. Simulações tomam bastante tempo. Medição geralmente é mais



demorada do que modelagem analítica e mais rápida do que simulações. A medição é condenada mais freqüentemente que outra técnica, pois, popularmente, diz-se que “se algo pode dar errado, acontecerá” (*Lei de Murphy*). Como resultado, o tempo necessário para a medição é o mais variável entre as três técnicas.

Sobre disponibilidade de ferramentas, incluem-se habilidades em modelagem, linguagens de simulação e instrumentos de medida. Muitos analistas de desempenho são habilidosos em modelagem. Eles nem entram em contato com o sistema real. Outros, não tão hábeis em teoria de filas, preferem medir ou simular. A falta de conhecimento de linguagens e técnicas de simulação mantém muitos analistas distantes da simulação.

O nível de precisão desejado é outra consideração importante. Geralmente, a modelagem analítica requer muitas simplificações e suposições, de forma que resultados inesperados podem surpreender os analistas. Simulações podem incorporar mais detalhes, requerem menos suposições e freqüentemente estão mais próximas da realidade. Medições, apesar de soar como uma coisa real, podem não gerar resultados precisos simplesmente porque muitos parâmetros, tais como configuração do sistema, tipos de cargas de trabalho e tempo de medição, podem ser únicos para o experimento. Além disso, os parâmetros podem não representar o alcance de variação encontrado no mundo real. Desse modo, a precisão dos resultados pode variar de muito alta para nenhuma, quando se usa a técnica de medição.

O objetivo de todo estudo de desempenho é também comparar diferentes alternativas para encontrar um valor ótimo. Modelos analíticos geralmente têm a melhor visão sobre o efeito da interação entre os parâmetros. Com simulação é possível buscar a melhor combinação de valores dos parâmetros, mas freqüentemente não fica clara qual relação de compensação existe entre os parâmetros. Medição é a técnica menos desejável nesse sentido. É difícil dizer que a melhora do desempenho é resultado de modificações aleatórias em algum parâmetro em particular.

O custo destinado ao projeto é bastante importante. A medição exige instrumentos e tempos reais, e é a mais cara das três técnicas. Simulação é uma boa alternativa pela facilidade de alteração de configurações, principalmente em sistemas muito caros. Modelagem analítica somente requer papel e lápis (e o tempo do analista), sendo essa a mais barata das alternativas.

A aceitabilidade dos resultados é chave para justificar o custo. É fácil convencer alguém se houver medições reais. Muitos duvidam dos resultados analíticos porque não entendem a

técnica e os resultados finais. De fato, quem utiliza técnicas de modelagem analítica geralmente faz a validação usando simulação ou medição.

Às vezes é interessante usar duas ou mais técnicas simultaneamente. Por exemplo, pode-se usar simulação e modelagem analítica juntas para verificar e validar os resultados de cada uma. Até que se provem culpadas, todas as pessoas são inocentes. Nessa sentença, até ser validado, o resultado de uma avaliação é suspeito. Portanto, deve-se validar a simulação com modelagem analítica ou medição; validar a modelagem analítica com simulação ou medição; e validar a medição com simulação ou modelagem analítica.

Em particular, a necessidade da terceira regra é para enfatizar a validação dos resultados de uma medição. Essa é a mais freqüentemente ignorada das três regras. Medição é tão susceptível a erros de experimentação e *bugs* quanto as outras duas técnicas.

Duas ou mais técnicas podem ser usadas seqüencialmente; por exemplo, em um caso, um modelo analítico simples foi usado para encontrar o limite apropriado para os parâmetros do sistema, e a simulação foi usada mais tarde para estudar o desempenho naquele limite. Isso reduziu o número de execuções das simulações consideravelmente e resultou em um uso mais produtivo dos recursos.

## 2.6 Simulação

Kelton (1998) define simulação como uma coleção de métodos e aplicações para imitar o comportamento de um sistema real, geralmente em um computador, com a utilização de um software apropriado.

Em um mundo de crescente competitividade, simulação tornou-se uma ferramenta muito poderosa para planejamento, projeto e controle de sistemas. Não mais renegada ao posto de “último recurso”, hoje ela é vista como uma metodologia indispensável de solução de problemas para engenheiros, projetistas e gerentes.

É utilizada para projeto e análise de sistemas, os quais, nesse caso, podem ser definidos como o conjunto do processo em estudo, envolvendo os elementos que interagem com eles, tal como pessoas, equipamentos, insumos, matéria-prima e regras de comportamento.

Para otimizar sistemas ou implementar novos, é cada vez maior a exigência de detalhamento dos processos e funções envolvidas. Quanto melhor esse detalhamento, melhor o entendimento do problema e também a solução final. Porém, existem muitos casos em que o detalhamento demanda um custo muito alto, ou mesmo sua inviabilidade pela não-existência de dados disponíveis.

Nesse ponto aparece a simulação como uma ferramenta que possibilita o estudo de determinado sistema através de um modelo lógico-matemático, que gerará dados suficientes para atender aos requerimentos do projeto.

Trata-se de um estudo de baixo custo, visto que todo o trabalho de implementação é testado no computador, permitindo ainda o teste de inúmeros cenários e alternativas de solução para o sistema em estudo.

Ou seja, é uma importante técnica para análise de performance de sistemas de computadores. Se o sistema a ser descrito não está disponível, como é freqüente durante o projeto, um modelo de simulação fornece uma maneira fácil para predizer a performance ou comparar diferentes alternativas. Além disso, mesmo se um sistema está disponível para medição, um modelo de simulação pode ser preferido sobre medição porque ele permite alternativas para comparar uma variedade de cargas de trabalho e ambientes.

A técnica de simulação computacional de sistemas em seus primórdios era extremamente complicada, devido à necessidade do modelamento matemático dos sistemas e à implementação de algoritmos em linguagens de programação.

Com o surgimento de linguagens orientadas à simulação na década de 50, tornou-se mais fácil a modelagem de sistemas. Com o passar dos anos, essas linguagens foram se desenvolvendo e outras ferramentas foram adicionadas às linguagens de simulação, de modo a torná-las ferramentas poderosas para o projeto de sistemas.

Simulação realmente começou a ter seu desenvolvimento amadurecido no início dos anos 90. Muitas pequenas empresas abraçaram a tarefa, e a simulação começou a ser usada em vários estágios do projeto. Melhor animação, facilidade de uso, computadores mais rápidos, facilidade de integração com outros pacotes e o surgimento de simuladores têm ajudado a tornar a simulação uma tarefa padrão na maioria das empresas.

### **2.6.1 Como Simular**

Em uma simulação, é construído um modelo lógico-matemático que representa a dinâmica do sistema em estudo. Esse modelo normalmente incorpora valores para tempos, distâncias, recursos disponíveis, etc.

Ao modelo são anexados dados sobre o sistema. Nesse ponto a simulação se diferencia, pois não são utilizados valores médios para os parâmetros no modelo, e sim distribuições estatísticas geradas a partir de uma coleção de dados sobre o parâmetro a ser inserido.

Somando-se os dados e o modelo lógico-matemático, tem-se uma representação do sistema no computador. Com esse sistema, pode-se realizar vários testes e coletar dados de resultados que irão mostrar o comportamento do sistema bem próximo do real.

## **2.7 Planejamento de Capacidade**

Planejamento de capacidade, segundo Menascé (1998), é o processo que visa prever quando o nível de carregamento futuro do sistema será saturado, considerando os aspectos de custo/benefício e o tempo que levará para o sistema saturar. Essa previsão é realizada com base no processo de evolução da carga de trabalho do sistema existente, de novas aplicações e de novos níveis de serviços.

Um dos mais importantes desafios de gerentes de instalações de processamento de dados é o planejamento de capacidade. Jain (1991) cita que o objetivo do planejamento de capacidade é gerar um nível aceitável de serviço computacional à organização ao responder às demandas de carga geradas pelo sistema. Sendo assim, o planejamento de capacidade ajuda a prever situações de como o sistema se comportará em determinadas situações, como, por exemplo, como aumento da carga de trabalho. Portanto, um planejamento de capacidade eficaz requer que se entenda o relacionamento às vezes conflitante entre as necessidades do sistema, a carga computacional, a capacidade computacional e o nível de serviço requerido.

Por outro lado, o termo “gerenciamento de capacidade” é usado para denotar o problema de assegurar que os recursos computacionais disponíveis sejam usados de modo a proporcionar o maior desempenho (usufruir o máximo dos recursos).

Enquanto o gerenciamento de capacidade é relacionado ao presente, o planejamento de capacidade se focaliza no futuro, segundo Jain (1991). Ou seja, o planejamento de capacidade não se focaliza principalmente nas atividades do dia-a-dia, mas sim no que vai acontecer no futuro (uso de perspectivas futuras).

### **2.7.1 Algumas Justificativas do Uso de Planejamento de Capacidade**

Planejamento de capacidade é importante para convencer o gerente da organização sobre a importância da previsão, justificando o tempo e o custo envolvidos, e considerando os seguintes aspectos:

- descontentamento do usuário – sem planejamento apropriado, é provável que o desempenho sofra com os picos de cargas. Os usuários podem ser forçados a esperar uma quantidade de tempo excessiva. No caso em que os usuários são os fregueses da empresa, isso pode resultar em negócio perdido. O planejamento de capacidade apropriado pode ajudar a identificar os gargalos antes que ocorram, impedindo a maioria de problemas relacionados a desempenho;
- diminuição da produtividade – se o sistema não puder assegurar o *throughput* previsto, a produtividade pode sofrer degradação;
- estabilidade – identificando áreas de problemas e limitações da capacidade, os problemas de estabilidade podem ser evitados ou previstos. Esses problemas geralmente ocorrem em picos de carga do usuário. O planejamento de capacidade apropriado permite que se identifique quando os problemas são prováveis de ocorrer, auxiliando, assim, com antecedência, na preparação para resolver o problema ou impedir que ele aconteça.

O levantamento dos assuntos expostos neste capítulo objetiva apresentar os tópicos relacionados com o desenvolvimento do trabalho. O capítulo seguinte apresenta a metodologia empregada no desenvolvimento, com a seqüência dos passos aplicados.

## **Capítulo 3 – Metodologia Empregada**

Para a execução de um estudo de avaliação de desempenho e, conseqüentemente, uma análise dos resultados obtidos, deve-se seguir uma série de passos e decisões, a fim de poder pôr em prática a aplicação da metodologia. A seguir, é mostrada a seqüência da metodologia utilizada neste trabalho.

### **3.1 Características do Sistema a Ser Avaliado**

A fase inicial da metodologia consiste na compreensão do hardware (clientes e servidores), do software (sistemas operacionais, *middleware*, e aplicações), dos elementos de conectividade e dos protocolos envolvidos no ambiente, Assim como em relação a tráfego, aos períodos de pico, às estruturas de gerência e aos níveis de QoS definidos. A obtenção dessas informações muitas vezes não é tarefa fácil. Reuniões, entrevistas, questionários, *logs*, documentos de planejamento e projetos, entre outros, podem e devem ser utilizados na busca da informação.

A central telefônica, especialmente aquela que atende a serviços especializados de atendimento ao cliente usuário, é um sistema Cliente/Servidor de grande porte, cujo cliente é um assinante de linha telefônica que exige bom atendimento e agilidade nos serviços, e cujo servidor é a estrutura montada em torno da central telefônica, estrutura essa que será descrita em detalhes no próximo capítulo. Sendo assim, é grande atrativo para aplicação de uma metodologia de avaliação de desempenho.

### **3.2 Escolha da Técnica de Avaliação de Desempenho**

Como já descrito no Capítulo 2, existem três técnicas de avaliação de desempenho: modelagem analítica, simulação e medição. A escolha de uma técnica está condicionada a alguns critérios que determinarão qual é a mais apropriada.

De acordo com as características e fase em que se encontra o sistema, pode-se selecionar a técnica mais apropriada. A medição pode ser proibitiva em situações em que não se pode manusear um equipamento já em operação, ou por não se possuir sequer um protótipo. O tempo disponível para se fazer o estudo também conta muito para a seleção da técnica. Se os resultados são requeridos com brevidade, a técnica mais apropriada é a modelagem analítica.

Dependendo do tipo de ferramentas utilizadas, a simulação pode ser muito cara, porém normalmente seu custo é considerado moderado. Medição geralmente é a técnica mais cara. A aceitabilidade dos resultados da medição é boa, em virtude de que a análise é feita em um ambiente real, porém a simulação e a modelagem analítica também podem apresentar boa aceitabilidade, desde que a apresentação dos resultados seja explicada com clareza.

Neste trabalho é aplicada a simulação, em virtude de que o sistema analisado não é acessível e tem-se uma boa ferramenta de simulação disponível para execução dos ensaios necessários para a aplicação de metodologia de análise de desempenho. Apesar de se poder construir um modelo de simulação com qualquer linguagem de programação, dependendo da complexidade do modelo, aqui se utiliza o ambiente de programação para simulação denominado Arena.

### **3.3 Escolha da Métrica de Desempenho**

Para cada estudo de desempenho, um conjunto de medidas e critérios de desempenho pode ser modificado. Uma maneira de preparar esse conjunto é listar os serviços oferecidos pelo sistema. Para cada requisição de serviço feita ao sistema, haverá muitos possíveis resultados. Geralmente, essas saídas podem ser classificadas em três categorias, como mostrado na Figura 4. O sistema pode executar o serviço corretamente, incorretamente, ou recusar a execução do serviço. Por exemplo, um *gateway* em uma rede de computadores oferece o serviço de enviar pacotes para destinos especificados em redes heterogêneas. Quando recebe um pacote, ele pode enviá-lo corretamente, pode enviá-lo a um endereço errado ou pode “cair” (desligar). Neste último caso, não será enviado de maneira alguma. Similarmente, um banco de dados oferece o serviço para responder a consultas. Quando solicitada uma consulta, ele pode responder corretamente, pode responder incorretamente, ou “cair” e não responder nada.

Se o sistema realiza o serviço corretamente, seu desempenho é medido pelo tempo usado para realizar o serviço, pela taxa que o serviço é realizado e pelos recursos utilizados enquanto o serviço é executado. Essas três medidas tempo/taxa/recurso para um desempenho bem-sucedido são também chamadas de medidas de “rapidez”, produtividade e utilização, respectivamente. Por exemplo, a rapidez de um *gateway* de rede é medida pelo tempo de resposta – o tempo entre a chegada de um pacote e a sua correta remessa. A produtividade de um *gateway* é medida por sua taxa (*throughput*) – o número de pacotes enviados por unidade de tempo. A utilização dá uma indicação da percentagem de tempo que os recursos do *gateway* estão ocupados. O recurso com a mais alta utilização é chamado de gargalo (*bottleneck*). Encontrar a utilização dos vários recursos dentro do sistema é, portanto, uma parte importante na avaliação de desempenho.

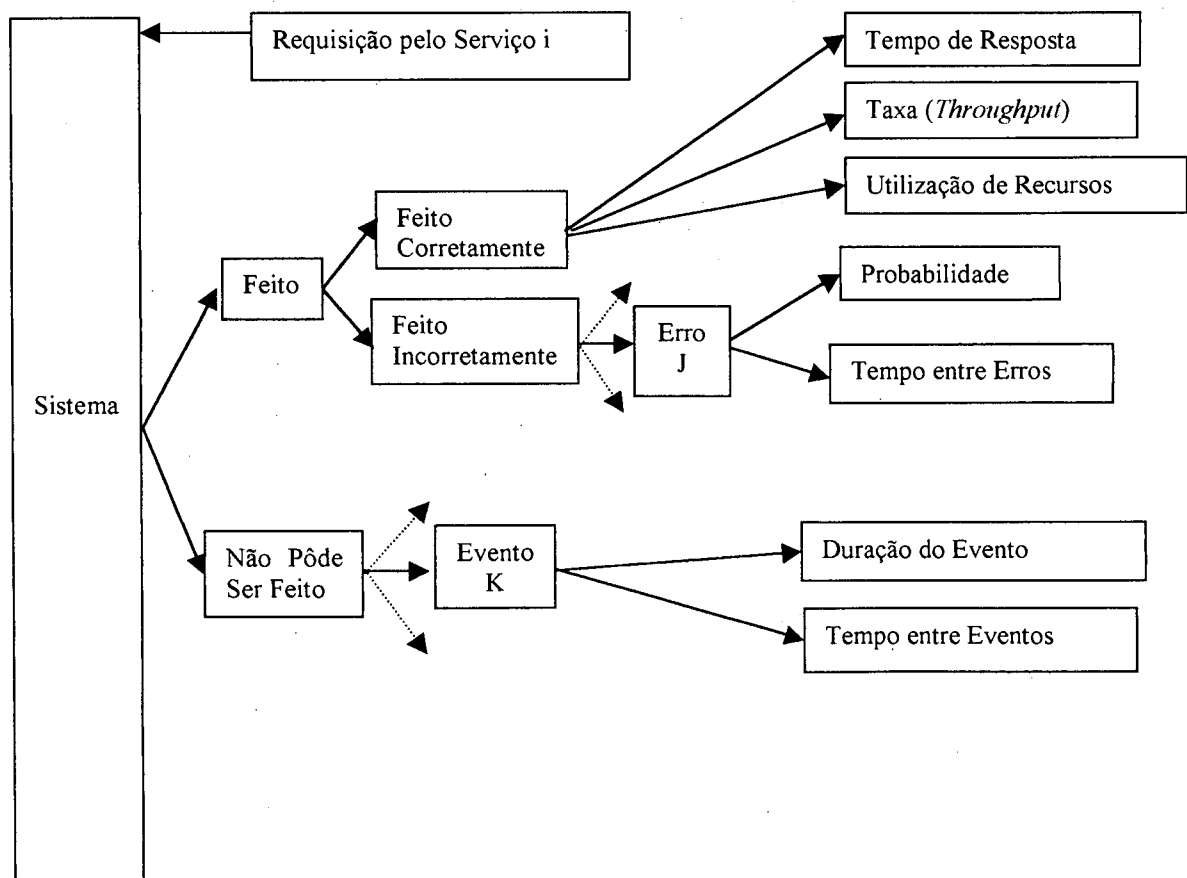


Figura 4 – Três Possíveis Resultados da Requisição de um Serviço.



Se o sistema realiza o serviço incorretamente, é considerado que ocorreu um erro. Se o sistema não realiza o serviço, é considerado que ele “saiu do ar”, falhou ou esteve indisponível. Em ambos os casos, podemos classificar os erros ou falhas e determinar a probabilidade de ocorrência deles.

As três medidas associadas ao que se chama de serviço bem-sucedido, erro e indisponibilidade também são chamadas de medidas de velocidade, confiança e disponibilidade.

### 3.3.1 Medidas de Desempenho mais Usadas

**Tempo de Resposta:** é definido como o intervalo de tempo entre a requisição e a resposta fornecida pelo sistema.

**Tempo de Reação:** é o tempo entre o término da requisição do serviço e o início da requisição do serviço.

**Throughput:** é definido como a taxa (requisições por unidade de tempo) que cada requisição pode ser executada pelo sistema.

**Utilização de um Recurso:** é medida como a fração de tempo em que o recurso esteve ocupado resolvendo o serviço requisitado.

**Confiança no Sistema:** é medida pela probabilidade de ocorrerem erros ou pelo tempo entre as ocorrências de erros.

**Disponibilidade:** é o tempo em que o sistema esteve ou está disponível para atender às requisições de serviços.

### 3.3.2 Classificação de Utilidade das Medidas de Desempenho

Dependendo da utilidade da medida de desempenho, ela pode ser categorizada em três classes:

- Quanto mais alto, melhor (HB) [*Higher is Better*]  
Exemplo: *Throughput*
- Quanto mais baixo, melhor (LB) [*Lower is Better*]  
Exemplo: Tempo de Resposta

- Na média é o melhor: (NB) [*Nominal is Best*]

Exemplo: Utilização do Sistema

### 3.4 Caracterização da Carga de Trabalho

Para testar múltiplas alternativas sobre condições idênticas, a carga de trabalho deverá ser repetida. Podemos perceber que o ambiente real do usuário geralmente não pode ser repetido, e então é necessário estudá-lo observando as características-chave e desenvolvendo um modelo de carga de trabalho que pode ser utilizado repetidamente. Esse processo é chamado **caracterização da carga de trabalho**. Uma vez que o modelo de carga de trabalho está disponível, os efeitos das mudanças na carga de trabalho e no sistema podem ser estudados de uma maneira controlada pela simples mudança dos parâmetros do modelo. A caracterização da carga de trabalho requer o uso de várias técnicas estatísticas.

As medidas dos dados da carga de trabalho consistem de requisições de serviços ou de demandas de recursos de um número de usuários no sistema. O termo “usuário” denota a entidade que faz as requisições de serviço de um sistema. Na literatura de carga de trabalho, o termo “componente de carga de trabalho” ou “unidade de carga de trabalho” é utilizado no lugar de usuário. A caracterização da carga de trabalho consiste na caracterização de um usuário típico ou de um componente de carga de trabalho.

Uma consideração é que cada componente deve representar um grupo tão homogêneo quanto possível. Se usuários de um *site* são muito diferentes, sua combinação dentro de um *site* de carga de trabalho pode não ser muito significativa. O objetivo do estudo e do domínio de controle dos tomadores de decisão também afeta a escolha dos componentes. O projetista de um sistema de *mail* está mais interessado em determinar uma sessão típica de *mail* do que uma sessão de usuário combinando várias aplicações diferentes.

As quantidade medidas, requisições de serviço, ou demandas de recursos, que são utilizadas para modelar ou caracterizar a carga de trabalho são chamadas de parâmetros de carga de trabalho ou características da carga de trabalho. Exemplos de parâmetros de carga de trabalho são tipos de transações, instruções, tamanho dos pacotes e fontes de destinos dos pacotes.

Na escolha dos parâmetros para caracterizar a carga de trabalho, é preferível o uso dos parâmetros que dependem da carga de trabalho do que dos que dependem do sistema. O tempo de resposta para uma transação não é apropriado como um parâmetro de carga de trabalho, já que ele depende altamente do sistema em que a transação é executada. Esta é uma razão pela qual o número de requisições de serviço é preferível como um parâmetro de carga de trabalho em vez da quantidade de demanda dos recursos. É melhor caracterizar uma sessão de *mail* através do tamanho das mensagens do que pelo tempo de CPU e pelo número de mensagens na rede, que variam muito de um sistema para outro.

Existem várias características de requisição de serviços. Tempo de chegadas, tipo de requisição ou de demanda de recursos, duração das requisições e quantidade de demanda de recursos para cada requisição podem ser representados no modelo de carga de trabalho. Particularmente, essas características que têm um impacto significativo no desempenho deverão ser incluídas nos parâmetros da carga de trabalho, e aqueles que têm um pequeno impacto deverão ser excluídos. Se o tamanho do pacote não tem impacto no tempo de envio de um pacote para um roteador, ele pode ser omitido da lista de parâmetros da carga de trabalho, e somente o número de pacotes e o tempo de chegadas dos pacotes devem ser usados.

### **3.5 Obtenção dos Dados**

Monitorar sistemas e seus componentes na busca de dados pode ser feito, idealmente, pelo uso de ferramentas específicas, tais como monitores de performance, sistemas de “contabilidade de *logs*”, sistemas de gerenciamento, etc. Na prática, as dificuldades surgem com a falta de ferramentas, ou com a falta de tempo e/ou habilidade em lidar com elas, ou mesmo da impropriedade da ferramenta disponível.

Com frequência, o dado desejado não é acessível na forma necessária. As ferramentas, muitas vezes, fornecem valores agregados ao nível dos recursos do sistema; por exemplo, o número de pacotes transmitidos numa LAN ou a taxa total de utilização de uma CPU, quando se busca o número de pacotes de determinada natureza (componente básico) transmitido ou o uso da CPU por determinado tipo de requisição.

### **3.6 Construção do Modelo de Desempenho**

A construção do modelo de desempenho consiste em tentar representar o sistema do mundo real, que é composto por um conjunto de recursos de hardware e software, geralmente atendidos por filas, pelas quais inúmeras entidades ou transações competem visando realizar os serviços existentes.

A intenção principal é a imitação do sistema real, onde entidades, representando transações, fluem através da rede de interconexões montada, na busca de alcançar os recursos necessários para a realização de seus processos. Controlando esse fluxo, cria-se uma “história artificial” do sistema modelado. O emprego desse tipo de modelagem exige a criação do programa. Atualmente, são inúmeras as ferramentas e os ambientes computacionais voltados a esse tipo de modelagem.

### **3.7 Validação do Modelo de Desempenho**

Durante o desenvolvimento do modelo de simulação, deve-se assegurar que o modelo está corretamente implementado e que é representativo do sistema real. Esses dois passos são chamados de verificação do modelo e de validação do modelo, respectivamente. Depois de terminado o desenvolvimento do modelo, os próximos dois problemas a resolver é determinar quantas observações iniciais devem ser descartadas para garantir que o modelo tenha atingido um estado estável e saber durante quanto tempo executar a simulação. Essas duas tarefas são chamadas de remoção transitória e critério de parada, respectivamente.

#### **3.7.1 Verificação do Modelo**

A perfeição do modelo de simulação é medida pela proximidade dos resultados do modelo com o sistema real. Uma vez que muitas suposições sobre o comportamento do sistema real são feitas no desenvolvimento, existem dois passos para medir a perfeição. O primeiro passo

é se as suposições são razoáveis, e o segundo passo é se o modelo implementa essas suposições corretamente. Esses dois passos são chamados de validação e verificação, respectivamente. A validação está relacionada com a representatividade das suposições, e a verificação está relacionada com a exatidão da implementação. Verificação também pode ser chamada de depuração, que é assegurar-se que o modelo faz o que se pretende que faça.

Validação e verificação são diferentes conceitos, e um modelo pode estar em uma destas quatro possíveis categorias: inválido e não verificado, inválido e verificado, válido e não verificado, ou válido e verificado. Um modelo inválido e verificado, por exemplo, é o que implementa corretamente as suposições, mas as suposições estão longe da realidade. Se a modelagem e programação do modelo de simulação forem feitas por duas pessoas (ou grupos) diferentes, a pessoa que modela é responsável pela validação, e a pessoa que programa é responsável pela verificação.

### **3.7.2 Validação do Modelo**

A validação se refere à certeza de que as suposições usadas no desenvolvimento do modelo são aceitáveis a ponto de que, se corretamente aplicadas na implementação, o modelo possa produzir resultados próximos dos observados em sistemas reais. As técnicas de validação dependem das suposições e, portanto, dos sistemas modelados. Diferentemente das técnicas de verificação, que são geralmente aplicadas, as técnicas de validação usadas em uma simulação não podem ser aplicadas em outra.

A validação do modelo consiste em validar os três aspectos-chave do modelo:

- suposições;
- valores e distribuições dos parâmetros de entrada; e
- valores de saída e conclusões.

Cada um desses três aspectos pode estar sujeito a um teste de validação pela comparação com alguma das possíveis fontes:

- intuição de especialista;
- medições de um sistema real; e
- resultados teóricos.

Isso leva a nove possíveis testes de validação. É claro que pode não ser possível usar todas essas possibilidades. Por exemplo, medições de sistema real ou resultados teóricos podem não estar disponíveis. Na maioria das situações reais, nenhuma dessas nove possibilidades é praticável. Isso porque simulação é usada apenas se não existir outro meio confiável de se obter a mesma informação. Nesse caso, o analista pode, pelo menos, validar o modelo para configurações simples.

### **3.7.3 Remoção Transitória**

Na maioria das simulações, somente o que interessa é o desempenho de estado estável, que é o desempenho depois que o sistema atinge um estado estável. Sendo assim, os resultados da parte inicial da simulação não devem ser incluídos nos cálculos finais. Essa parte inicial é também chamada de estado transitório. O problema de identificar o fim do estado transitório é chamado de remoção transitória.

A principal dificuldade com a remoção transitória é que não é possível definir exatamente o que constitui o estado transitório quando ele acaba. Todos os métodos para remoção transitória são, portanto, heurísticos.

Apesar de a maioria das simulações ser de desempenho de estado estável, existem sistemas que nunca atingem um estado estável. Esses sistemas sempre operam sob condições transitórias e são chamados de simulações limitadas.

### **3.7.4 Critério de Parada**

É importante que o tamanho da simulação seja apropriadamente escolhido. Se a simulação for muito curta, os resultados podem ter muita variação. Por outro lado, se a simulação for muito longa, os recursos computacionais e a atividade humana podem ser desnecessariamente desperdiçados. Tal como a determinação de tamanhos de amostra, segue que a simulação poderá ser executada até que um intervalo de confiança para a média se aproxime do tamanho desejado.

### 3.8 Projeto de Experimento

O objetivo de um projeto experimental formal é obter o máximo de informações com um número mínimo de experimentos. Isso economiza consideravelmente o tempo gasto no trabalho de junção dos dados. Uma análise formal de experimentos também ajuda na separação dos efeitos que podem afetar o desempenho do sistema. Além disso, permite determinar se um fator tem um efeito significativo ou se a diferença observada é simplesmente devido a variações randômicas causadas por parâmetros e erros de medidas que não foram controlados.

Os termos a seguir são usados freqüentemente na análise e projeto de experimentos (os exemplos citados são relacionados a um projeto de estação de trabalho (*workstation*):

- **Variável de resposta:** o resultado de um experimento é chamado de variável de resposta. Geralmente, a variável de resposta é a medida de desempenho do sistema. Por exemplo, a variável de resposta poderia ser o processamento expresso em tarefas completadas por unidade de tempo, ou tempo de resposta por tarefas, ou qualquer outra métrica. Como as técnicas de projeto experimental são aplicáveis para qualquer tipo de medida, não só medidas de desempenho, é mais usado o termo *resposta* em lugar de desempenho.
- **Fatores:** cada variável que afeta a variável de resposta é chamada de fator. Por exemplo, podem existir cinco fatores num estudo de projeto de uma *workstation*: tipo de CPU; tamanho de memória; número de unidades de disco; *workload* usado; e nível educacional do usuário. Os fatores são também chamados de *predictor variables* ou *predictors*.
- **Níveis:** os valores que um fator pode assumir são chamados de níveis. Em outras palavras, cada nível do fator constitui uma alternativa para aquele fator. Por exemplo, considerando-se três níveis para cada fator, o tipo de CPU: 68000, 8086 ou Z80; o tamanho da memória: 512 Kbytes, 2 Mbytes ou 8 Mbytes; o número de unidades de disco: 2, 3 ou 4; o *workload*: secretário, educacional ou científico; os usuários: de escola secundária, de faculdade ou de pós-graduação.
- **Fatores Primários:** os fatores que necessitam efeitos para serem quantificados são chamados de fatores primários. Por exemplo, pode-se estar interessado primeiramente

em quantificar somente o efeito do tipo de CPU, o tamanho de memória e o número de unidades de disco. Assim, há três fatores primários.

- **Fatores Secundários:** fatores que incidem no desempenho, mas cuja incidência não se está interessado em quantificar, são chamados de fatores secundários. Por exemplo, se não for preciso determinar se o desempenho de pós-graduados é melhor do que o desempenho de graduados; similarmente, se não se deseja quantificar a diferença entre os três *workloads*. Esses seriam fatores secundários.
- **Replicação:** a repetição de todos ou de alguns experimentos é chamada de replicação. Por exemplo, se todos os experimentos em um estudo são repetidos três vezes, é dito que o estudo teve três replicações.
- **Projeto:** um projeto experimental consiste na especificação do número de experimentos, das combinações dos níveis dos fatores para cada experimento e do número de replicações. Por exemplo, poder-se-ia executar experimentos correspondentes a todas as combinações possíveis de níveis de cinco fatores. Isso requereria  $3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 243$  experimentos. Pode-se repetir cada experimento cinco vezes, levando a um total de 1.215 observações. Isso é um projeto experimental possível.
- **Unidade Experimental:** qualquer entidade que é usada para o experimento é chamada de uma unidade experimental. Por exemplo, os usuários contratados para usar uma *workstation*, enquanto as medições estão sendo executadas, podem ser considerados uma unidade experimental. Outros exemplos de unidades experimentais são pacientes em experimentos médicos ou o terreno usado em experimentos agrícolas. Em todos os casos, não interessa comparar as unidades experimentais, embora elas afetem ou interfiram na resposta. Portanto, uma das metas ou objetivos do projeto experimental é minimizar o impacto da variação entre as unidades experimentais.
- **Interação:** diz-se que dois fatores *A* e *B* interagem se os efeitos de um dependem do nível de outro.



### 3.8.1 Projeto de Experimento Fatorial $2^k$

O projeto de experimento fatorial  $2^k$  define dois níveis para cada fator de desempenho do modelo de experimento, sendo  $k$  o valor referente ao número de fatores do modelo. Os passos seguidos para aplicação dessa metodologia são:

- estimar quais fatores podem causar efeito no sistema;
- conceber um modelo de desempenho inicial;
- realizar os testes estatísticos (técnica de desempenho);
- refinar o modelo, retirando variáveis não significantes, se necessário;
- fazer análise residual para verificar a adequação do modelo e suas suposições; e
- interpretar os resultados obtidos.

Essa classe de experimentos fatoriais merece uma discussão especial porque tais experimentos são fáceis de analisar e ajudam a ordenar fatores na ordem de impacto. No princípio de um estudo de desempenho, o número de fatores e seus níveis são normalmente grandes. Um projeto fatorial completo com um número grande de fatores e níveis pode não ser o melhor uso do esforço disponível. O primeiro passo deve ser reduzir o número de fatores e escolher aqueles fatores que tenham impacto significativo sobre o desempenho.

Freqüentemente, o efeito de um fator é unidirecional, isto é, o desempenho ou continuamente diminui ou continuamente aumenta à medida que o fator é incrementado do mínimo para o máximo. Por exemplo, é esperado que o desempenho melhore quando o tamanho da memória ou o número de unidades de disco forem aumentados. Em tais casos, pode-se iniciar experimentando os níveis mínimos e máximos do fator. Isso ajuda a decidir se a diferença de desempenho é significativa o bastante para justificar um exame mais detalhado.

### 3.8.2 Projeto de Experimento Central Composto

A principal deficiência dos projetos de experimento com dois níveis é a linearidade dos efeitos de seus fatores. A fim de diminuir essa deficiência, o projeto de experimento central composto adiciona um ponto central nos níveis dos fatores, e mais  $2.k$  pontos axiais, tais como

representados na Figura 5, considerando-se um projeto de experimento com dois fatores. Dessa forma, pode-se analisar efeitos quadráticos por meio de um modelo de superfície de resposta de segunda ordem.

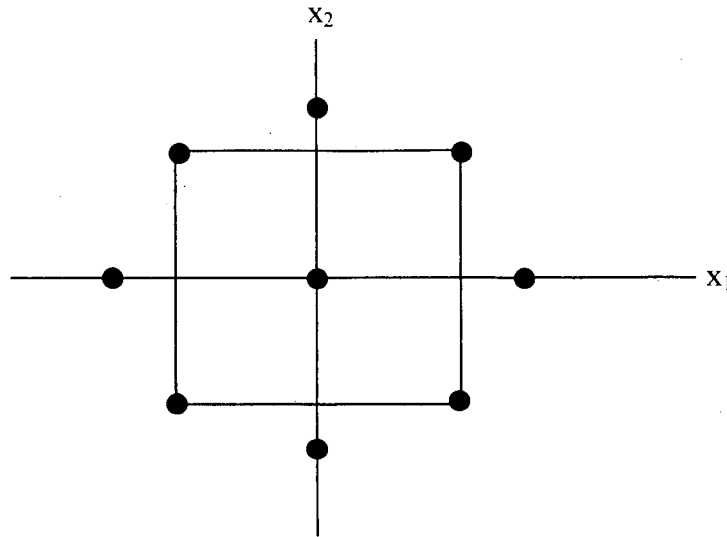


Figura 5 – Projeto de Experimento Central Composto de Dois Fatores.

### 3.8.3 Metodologia de Superfície de Resposta

Utilizada com sucesso desde a década de 1950 em processos industriais, a metodologia de superfície de resposta (RSM – Response Surface Methodology) é uma técnica de otimização baseada no emprego de planejamentos fatoriais, como cita Barros (1995).

Essa metodologia constitui-se de duas etapas: modelagem e deslocamento. Com o objetivo de se atingir uma região ótima para o sistema analisado, as duas etapas são repetidas tantas vezes quanto necessário. Para se fazer a modelagem, normalmente ajustam-se modelos lineares ou quadráticos com resultados experimentais de projetos de experimento fatoriais. O deslocamento é feito na trajetória de máxima inclinação do modelo, região onde a resposta tem variação com maior intensidade.

## Capítulo 4 – Aplicação da Metodologia e Análise dos Resultados

A fim de aplicar um estudo de desempenho sobre um caso específico de central de comutação telefônica, é essencial que se conheça todo o ambiente a ser estudado, de forma a se poder optar por uma das técnicas de avaliação de desempenho conhecidas.

O sistema a ser abordado é uma central de comutação telefônica para serviços especializados, a qual tem tecnologia essencialmente nacional, tanto no desenvolvimento de software quanto de hardware. O AXS/20 está em operação em grandes centros de operação de telefonia do parque nacional, tais como Brasil Telecom, Telemar e Telefônica.

Tendo em vista a grande responsabilidade de cada uma das operadoras supramencionadas, é de suma importância que uma plataforma instalada em seus parques tenha um desempenho bastante confiável e seguro. Dessa forma, este trabalho visa analisar uma das unidades AXS/20 que se encontram em operação.

### 4.1 Visão Geral do Sistema

O sistema AXS/20 é composto de vários módulos, chamados de estágios (Figura 6). Cada um tem sua função específica e pode ou não ser utilizado em função do serviço que o assinante está requisitando.

A chamada telefônica chega até a plataforma através de um *link* digital a 2 Mbps, o chamado *link* E1. Cada *link* E1 possui 32 canais de comunicação, 30 utilizados para voz, um utilizado para o sincronismo do sistema, e outro para sinalização. Os canais que estão inseridos no *link* E1 têm taxa de transmissão de 64 Kbps, a mesma velocidade de transmissão de uma linha telefônica convencional. A chamada entrante ocupa, por uma pequena fração de segundo, um filtro digital, que sinaliza ao equipamento a entrada de mais uma chamada.

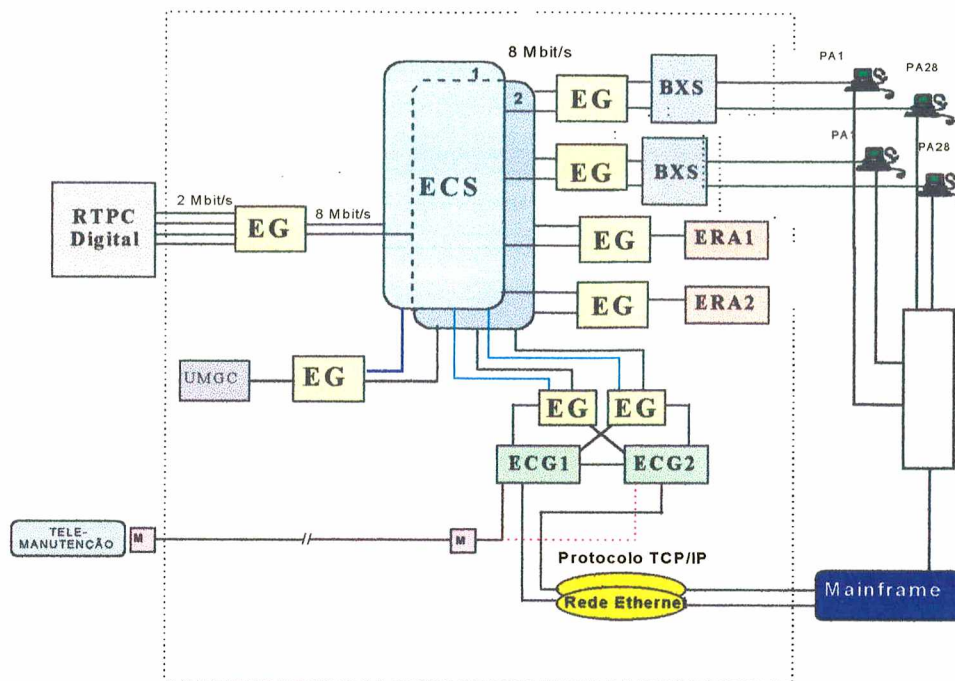


Figura 6 – Diagrama em Bloco de um AXS/20.

A seguir são explicados os componentes da central AXS/20.

- RTPC (Rede Telefônica Pública Comutada) – Através dela chegam todas as ligações telefônicas até a plataforma, e de acordo com o serviço requisitado, elas serão atendidas de formas diferenciadas.
- EG (Estágio de Grupo) – Multiplexador de 2ª ordem que transforma quatro *links* de 2 Mbps em um de 8 Mbps e vice-versa. Os EGs de rede pública têm conectados a si dispositivos denominados DIFD, que possuem filtros de reconhecimento de cifras, sejam elas decádicas ou multifrequenciais.
- ECS (Estágio de Comutação e Sincronismo) – Responsável pela comutação (matriz de 8.192 pontos) e sincronismo do sistema; sempre existem dois, um ativo e outro inativo.
- ERA (Estágio de Resposta Audível) – Reproduz toda a fraseologia do sistema, com mensagens gravadas digitalmente.

- ECG (Estágio de Coordenação e Gerenciamento) – É a “CPU” da Plataforma e gerencia todas as tarefas que o sistema está realizando. Normalmente tem-se uma ativa, uma inativa e uma outra de reserva.
- UMGC (Unidade de Monitoração, Gravação e Conferência) – Efetua gravação de conversações entre usuários e atendentes, e possibilita ainda que um supervisor monitore uma conversação.
- PA (Posição de Atendimento) – Posto de trabalho de um atendente de serviço telefônico.
- BXS-20 – é chamado de BXS “burro” por não possuir processador. Sua função é transformar o sinal digital da plataforma em sinal analógico a ser passado às PAs, e vice-versa.

Para passar pela matriz de comutação, cada quatro *links* E1 são multiplexados para um *link* E2 a 8 Mbps. A matriz irá encaminhar a chamada ao correspondente estágio do sistema, de acordo com o serviço que o usuário está requisitando. Primeiramente, a chamada passa pela Máquina de Mensagens (ERA), que reproduz uma mensagem (p. ex.: “Bem-vindo à Telesc Brasil Telecom”). Somente após isso o usuário poderá ser atendido por uma Posição de Atendimento (PA).

Após o atendimento, a chamada deverá ser encaminhada novamente à Máquina de Mensagens, momento em que o usuário ouvirá a informação requisitada. Todas as chamadas poderão ser gravadas ou monitoradas pela Unidade de Monitoração, Gravação e Conferência (UMGC).

## 4.2 Exemplos de Serviços e Ciclo de Atendimento

Alguns dos serviços que esse tipo de plataforma pode atender são: 102 (auxílio à lista), 121 (auxílio à lista interurbano), 101 (interurbano com auxílio da telefonista), 130 (hora certa) e 134 (teledespertador automático), que são alguns dos serviços em operação nas plataformas da Telesc Brasil Telecom em Florianópolis, uma das quais é a base para o modelo desenvolvido neste trabalho.

Para o serviço 102, quando uma chamada entra da rede pública (RTPC), o ECS comuta a ligação com uma PA livre. Caso todas estejam ocupadas, a ligação entra em uma fila de espera, até que haja uma PA disponível. Ao ser atendido, o usuário solicita o número procurado, assim o atendente gera uma requisição à base de dados corporativa. Obtendo resposta positiva, transfere o comando da ligação para o ECG, ficando livre para atender outro usuário. A partir do momento que o ECG assumiu a responsabilidade da ligação, este faz com que o ERA gere a mensagem adequada, a fim de informar ao assinante qual o número de telefone encontrado na base de dados da companhia.

No serviço 130 não existe interação humana, o serviço é totalmente automático. Quando o assinante liga para hora certa, sua ligação é comutada diretamente para o ERA, que irá reproduzir a mensagem que informará a hora naquele momento. O sistema é constantemente corrigido por um GPS (Global Position System), para manter exata a hora a ser informada.

#### 4.2.1 Frases e Tempos

A plataforma que serviu de base para a criação do modelo de simulação foi o AXS/20 SIPT da Telesc Brasil Telecom. Esse equipamento atende aos serviços 102 (auxílio à lista), 121 (auxílio à lista interurbano), 101 (DDD com auxílio da telefonista), 107 (DDD a cobrar com auxílio da telefonista) e 108 (informações sobre tarifas DDD).

Para esses serviços, na época da pesquisa, as mensagens gravadas no ERA que o usuário ouvia no momento que estava sendo atendido e a duração de cada uma delas estão descritas a seguir.

- **Serviço 108**

<u>Tempo (segundos)</u>	<u>Frase</u>
3	Bem-vindo à Telesc Brasil Telecom.
7	Telesc Brasil Telecom, informações sobre tarifas DDD e preços de serviços.



- 10 Para informações sobre tarifas DDD, tecle “3”. Para saber preços de serviços, outras informações ou atendimento personalizado, tecle “9”.
- 7 “Pausa”
- 10 Para informações sobre tarifas DDD, tecle “3”. Para saber preços de serviços, outras informações ou atendimento personalizado, tecle “9”.
- 8 Você será encaminhado para atendimento personalizado (O sistema direciona a chamada para uma posição de atendimento livre).

▪ **Se teclar “3”**

<u>Tempo (segundos)</u>	<u>Frase</u>
3	Tecele o código DDD e o número do telefone-destino.
7	“Pausa”
3	Tecele o código DDD e o número do telefone-destino.
7	Para saber o valor da tarifa neste horário, digite “4”. Para saber o valor da tarifa em outro horário, digite “6”.
7	“Pausa”
7	Para saber o valor da tarifa neste horário, digite “4”. Para saber o valor da tarifa em outro horário, digite “6”.

- **Se teclar “4”**

<u>Tempo (segundos)</u>	<u>Frase</u>
30	A tarifa neste horário para o estado de Santa Catarina é 0,13789 por minuto. Para completar sua chamada através do 14, tecele “3”. Para completar sua chamada a cobrar, tecele “4”. Para completar sua chamada em outro horário, tecele “5”. Para ouvir novamente o valor, tecele “7”. Para retornar às opções iniciais, tecele “8”.

- **Se teclar “6”**

<u>Tempo (segundos)</u>	<u>Frase</u>
3	Informe o horário desejado, informando apenas a hora.
30	A tarifa neste horário para o estado de Santa Catarina é 0,13789 por minuto. Para completar sua chamada através do 14, tecele “3”. Para

completar sua chamada a cobrar, tecle “4”. Para completar sua chamada em outro horário, tecle “5”. Para ouvir novamente o valor, tecle “7”. Para retornar às opções iniciais, tecle “8”.

- **Se teclar “9”**

O sistema direciona a chamada para uma posição de atendimento livre.

- **Serviço 101 / 107**

<u>Tempo (segundos)</u>	<u>Frase</u>
3	Bem-vindo à Telesc Brasil Telecom.
2	Serviço interurbano (O sistema direciona a chamada para uma posição de atendimento livre).

- **Serviço 102 / 121**

<u>Tempo (segundos)</u>	<u>Frase</u>
3	Bem-vindo à Telesc Brasil Telecom. (O sistema direciona a chamada para uma posição de atendimento livre).

#### 4.2.2 Fluxograma do Atendimento

A Plataforma AXS/20 SIPT da Telesc Brasil Telecom, que serviu de base para o modelo de simulação para este trabalho, possui 1.560 Troncos (linhas digitais), que correspondem a 52 *links* E1, conectados à rede pública. Possui também 208 Filtros digitais, que fazem sinalização e reconhecimento de cifras, 1.080 canais de máquina de mensagem, as quais fazem a reprodução da fraseologia do sistema, e 643 atendentes, assim distribuídos: 28 atendentes para o serviço 108, 35 atendentes para os serviços 101 e 107, e 580 atendentes para os serviços 102 e 121.

A Figura 7 mostra um fluxograma criado para servir de base para a modelagem, no Arena, de todo o sistema. Mostra essencialmente o caminho que a chamada percorre durante o atendimento, tempos de alocação de recursos, percentual de ligações que tomam caminhos diferentes, momento em que o usuário teve acesso à informação (Fim Tempo) e momento em que há o encerramento da ligação.



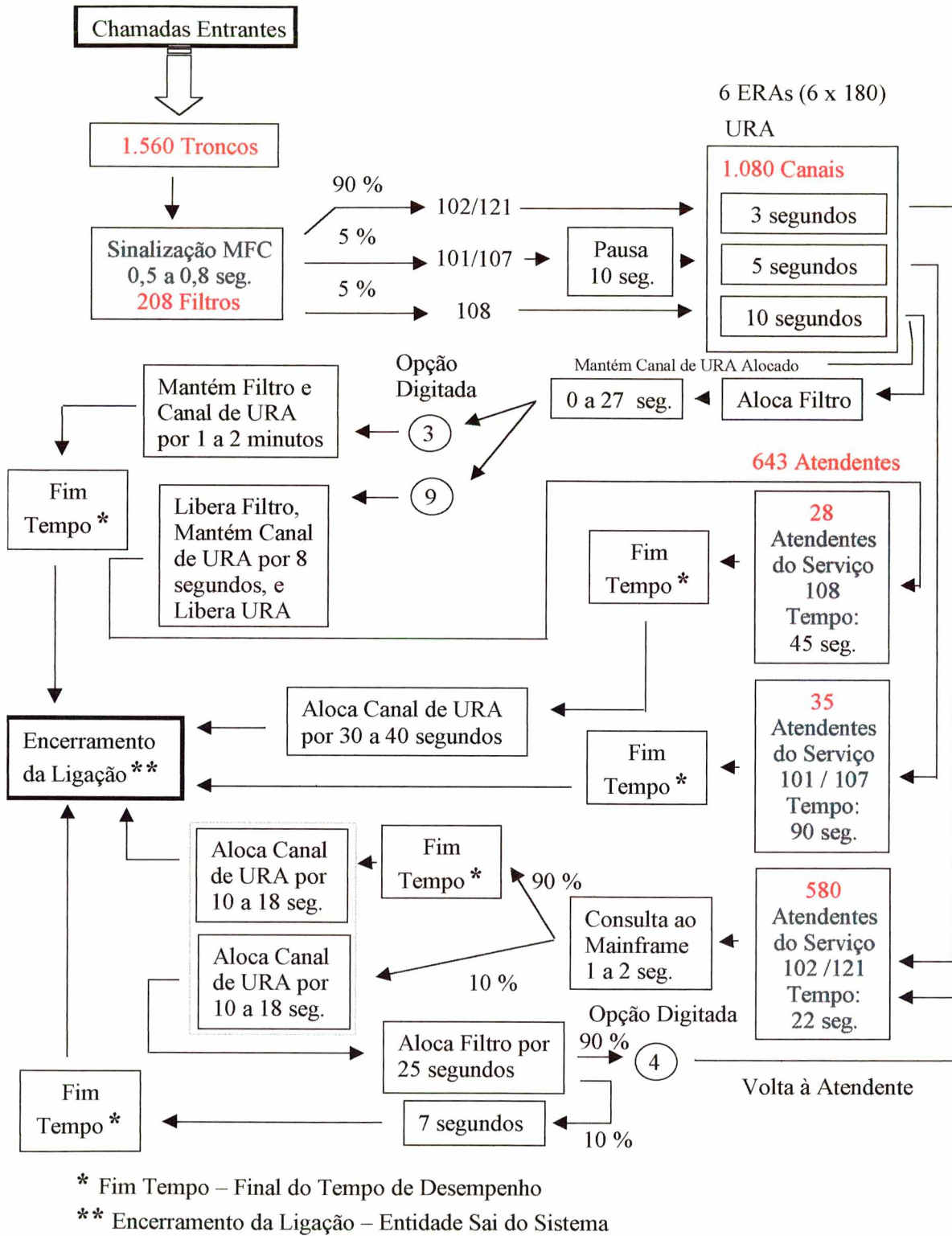


Figura 7 – Fluxograma do Ciclo de Atendimento dos Serviços e Tempos.

## **4.3 Modelo de Desempenho**

### **4.3.1 O Modelo**

Dentre as três técnicas utilizadas para a avaliação de desempenho, a simulação é a que melhor se aplica neste estudo, tendo em vista a disponibilidade de ferramentas necessárias para o desenvolvimento de um modelo computacional de simulação. Com relação à técnica de medição, essa é impossível de ser aplicada, uma vez que não se tem acesso fácil a um equipamento operacional desse porte, e muito menos possibilidade de se fazerem modificações em sua configuração, a fim de verificar seu desempenho.

A ferramenta de modelagem utilizada foi o ambiente de simulação Arena, onde se pode desenvolver um ambiente com as principais características do sistema em estudo e simular os cenários, obtidos com a variação dos níveis dos fatores de desempenho. As simulações vão determinar o desempenho do sistema em função das modificações de configuração que se pode fazer no ambiente real.

### **4.3.2 Descrição da Seqüência de Eventos do Modelo**

O modelo de simulação foi concebido baseado no Fluxograma de Atendimento, apresentado na seção 4.2.2. A seguir são apresentados todos os eventos, desde o momento em que as ligações entram na plataforma até o momento em que são encerradas. São apresentadas também as distribuições de probabilidade utilizadas no modelo, com o objetivo de gerar comportamento aleatório para algumas variáveis (no Anexo C há o esquema gráfico do modelo construído no Arena).

O tempo total da simulação é de 4.020 segundos (67 minutos), e o tempo entre chegadas (TEC) das ligações telefônicas, como descrito adiante, na seção 4.3.5, segue uma distribuição exponencial com média variável (EXPO( $\lambda$ )). Nos primeiros 1.200 segundos (20 minutos),  $\lambda$  vale 0,078358 segundos; entre 1.200 e 3.120 segundos (52 minutos),  $\lambda$  vale 0,033037 segundos; e de 3.120 a 4.020 segundos,  $\lambda$  passa a valer 0,081966 segundos.

A seguir, na Figura 8, tem-se uma simplificação do fluxograma apresentado na Figura 7, ilustrando a seqüência de alocação dos recursos do sistema, numa visão geral do ambiente programado no modelo de simulação.

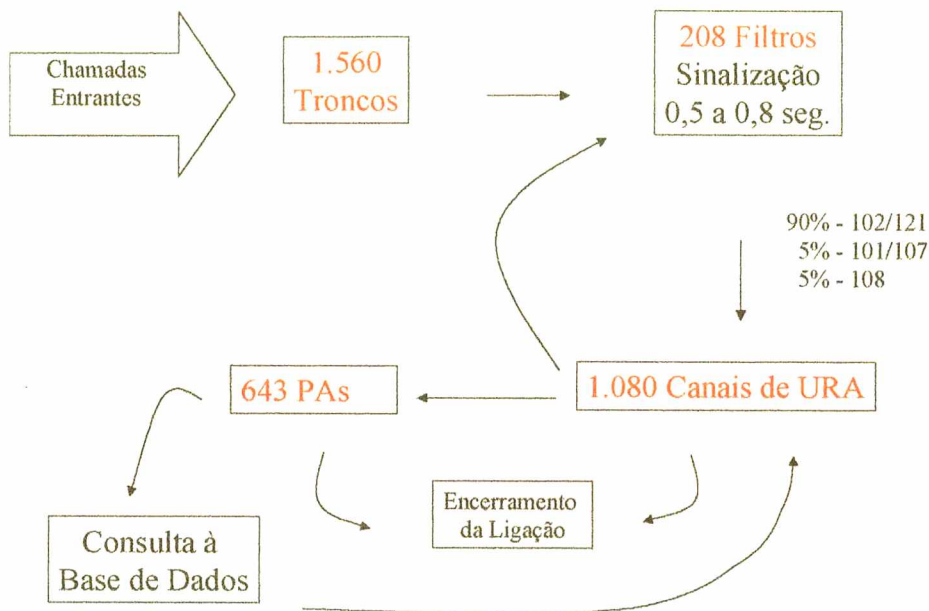


Figura 8 – Seqüência de Alocação dos Recursos do Sistema.

Toda chamada entrante aloca um tronco de entrada na plataforma, que ficará ocupado até que a ligação seja encerrada. Assim que chega à plataforma, a ligação aloca um Filtro, para fazer sinalização da chamada, por um determinado tempo, segundo uma distribuição triangular com mínimo de 0,5 segundos, moda de 0,6 segundos e máximo de 0,8 segundos (TRIA(0,5;0,6;0,8)). Cada ligação recebe no modelo um rótulo que irá diferenciá-la em função do serviço que está solicitando. Em função do número de Posições de Atendimento que atendem aos serviços, definiu-se que 90% das ligações seriam rotuladas e direcionadas aos serviços 102/121; 5% rotuladas e encaminhadas aos serviços 101/107; e os outros 5% para o serviço 108. A seguir, são descritos os eventos que ocorrem no sistema, para cada serviço.



### **Serviço 108**

É alocado um canal de URA por 10 segundos, período em que será reproduzida uma determinada mensagem (como descrito na seção 4.2.1), mantendo-se o canal de URA alocado. Aloca-se, então, um Filtro para fazer o reconhecimento da cifra (de opção) que o usuário irá discar. O Filtro fica alocado segundo uma distribuição triangular com mínimo de 1 segundo, moda de 19 segundos e máximo de 27 segundos (TRIA(1,19,27)). Das duas opções que o usuário pode digitar, se discar “3”, ouvirá um menu com orientações, mantendo o Filtro e o canal de URA alocados por um determinado tempo, segundo uma distribuição triangular com mínimo de 60 segundos, moda de 90 segundos e máximo de 120 segundos (TRIA(60,90,120)); se o usuário discar “9”, o Filtro é liberado e será ouvida uma mensagem de 8 segundos, sendo então encaminhada a ligação para uma PA. Na PA o tempo de atendimento segue uma distribuição triangular com mínimo de 35 segundos, moda de 45 segundos e máximo de 60 segundos (TRIA(35,45,60)); nesse momento encerra-se o tempo de resposta medido como métrica, apesar de a ligação ainda estar em andamento, pois o usuário ouvirá então a informação solicitada, alocando um canal de URA por um determinado tempo, segundo uma distribuição triangular com mínimo de 30 segundos, moda de 35 segundos e máximo de 40 segundos (TRIA(30,35,40)), encerrando, assim, a ligação.

### **Serviços 101/107**

Antes da comutação com o canal de URA alocado, há uma pausa, segundo uma distribuição triangular com mínimo de 8 segundos, moda de 9 segundos e máximo de 10 segundos (TRIA(8,9,10)), o canal de URA fica alocado por 5 segundos, e a ligação é comutada com uma PA. O tempo de atendimento da PA segue uma distribuição triangular com mínimo de 75 segundos, moda de 90 segundos, e máximo de 110 segundos (TRIA(75,90,110)). O atendente fará a ligação solicitada, e a ligação com a plataforma se encerra.

### **Serviços 102/121**

É alocado um canal de URA por 3 segundos, e em seguida a ligação é comutada com uma PA. O tempo de atendimento na PA segue uma distribuição triangular com mínimo de 20 segundos, moda de 22 segundos e máximo de 28 segundos (TRIA(20,22,28)). É feita uma consulta ao *mainframe* da empresa, por um determinado tempo, segundo uma distribuição

triangular com mínimo de 1 segundo, moda de 1,5 segundo, e máximo de 2 segundos (TRIA(1;1,5;2)). Em 90% dos casos o usuário ouve a informação solicitada, que leva um determinado tempo, segundo uma distribuição triangular com mínimo de 10 segundos, moda de 16 segundos e máximo de 18 segundos (TRIA(10,16,18)), e desliga o telefone. Nos outros 10% dos casos, além de ouvir a informação, o usuário fica aguardando 25 segundos (ouvindo outra mensagem) e opta por voltar a ser atendido pela PA, discando “4”, retornando ao ciclo de atendimento. Considera-se aqui que 90% desses últimos usuários discam o “4”, os outros 10% não fazem nada e têm sua ligação derrubada pela central, após 7 segundos.

### 4.3.3 Os Fatores

Os fatores eleitos para fazerem parte do estudo de avaliação de desempenho são:

- **Número de Posições de Atendimento (PAs)** – o número de atendentes conectados ao sistema é importante, pois, se for pequeno, pode gerar uma fila muito grande, e conseqüentemente o descontentamento do usuário; por outro lado, se for muito grande, pode ocasionar ociosidade e desperdício de divisas para a concessionária;
- **Número de Troncos (Linhas com a RTPC)** – a quantidade de linhas ligadas à rede telefônica pública comutada vai determinar o número de usuários simultâneos que poderão estar sendo atendidos, seja por um serviço ou outro. Pode ser um grande gargalo;
- **Número de Filtros Digitais** – o filtro é responsável pelo reconhecimento de cifras que o usuário disca, a fim de navegar em um menu de determinado serviço e, quando alocado, só pode ser usado por apenas um usuário. Deve ser bem dimensionado para não gerar filas grandes;
- **Número de Canais de Máquina de Mensagem** – sempre que um usuário for ouvir uma mensagem gerada por sua requisição, ele esta ocupará um canal de máquina de mensagem. Para atender vários usuários ao mesmo tempo, tem-se que minimizar a espera pela reprodução da mensagem solicitada.

#### 4.3.4 A Métrica

A satisfação do usuário está sempre relacionada com um bom atendimento, que é aquele que tem qualidade, acima de tudo, mas que deixa o usuário esperando o mínimo possível. Assim, a agilidade é importantíssima quando se deseja satisfazer o usuário. Dessa forma, a métrica considerada neste estudo é o **tempo de resposta**, medido desde que o usuário gerou a chamada até o momento em que obteve acesso à informação desejada.

O tempo de resposta começa a ser contado no momento em que o usuário é atendido pela plataforma. Para o serviço 102 (auxílio à lista), por exemplo, o usuário ouve uma mensagem de três segundos e é transferido para uma PA, que faz a consulta à base de dados para fornecer a informação solicitada. No momento em que o usuário começa a ouvir sua resposta, o tempo de resposta se encerra, porém esse usuário ainda continua utilizando alguns recursos do sistema até que a ligação se encerre.

#### 4.3.5 A Obtenção dos Dados da Carga de Trabalho

Elemento crucial para a modelagem do sistema, a carga de trabalho especifica o número de ligações entrantes no sistema que estão ocorrendo em determinado horário. O horário mais crítico é chamado de HMM (hora de maior movimento), que é quando se tem o maior tráfego telefônico do dia.

Através do software que operacionaliza o sistema, o CHM (Comando Homem-Máquina), pode-se ter acesso às estatísticas geradas ao longo de um determinado período de utilização. Com esse software, obteve-se a carga de trabalho necessária para modelagem, experimento e análise dos resultados. O arquivo gerado pelo CHM (Anexo B), depois de inserido em uma planilha, forneceu o gráfico de tráfego telefônico, que pode ser visualizado na Figura 9.



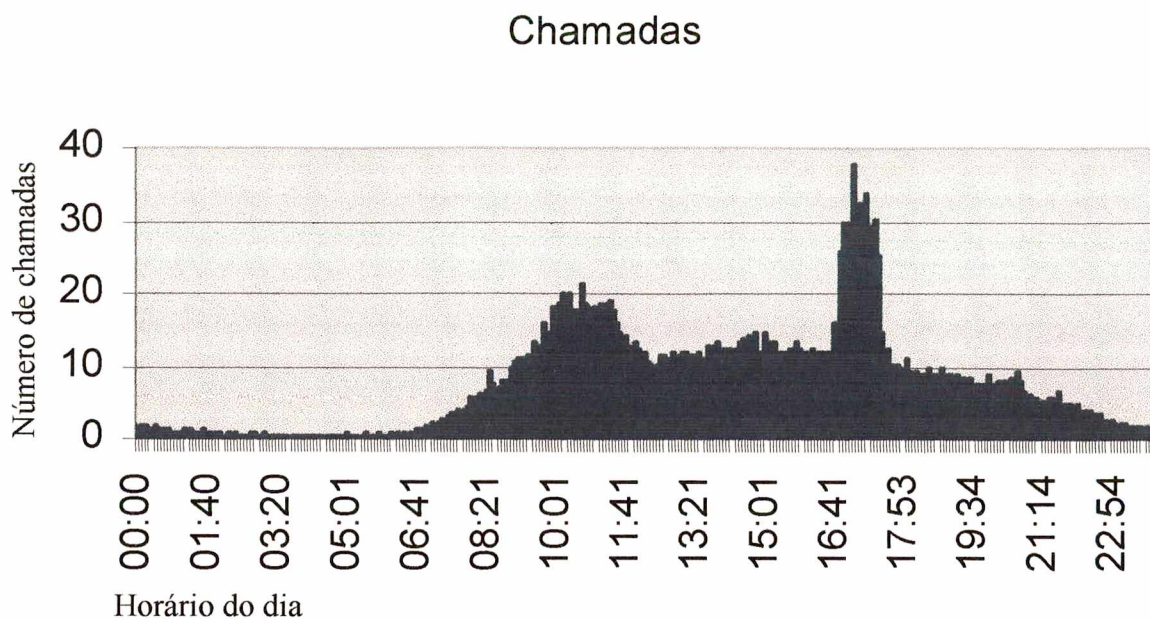


Figura 9 – Número de Chamadas Entrantes por Segundo, ao Longo de um Dia.

De acordo com os dados obtidos, pode-se verificar que o horário de pico de ligações telefônicas está entre 16h30min e 17h30min. Dentre os registros que se têm em mãos, selecionaram-se 20 nessa faixa de pico, que se iniciou às 16h26min e terminou às 17h33min, totalizando 67 minutos. Dessa forma, a carga de trabalho utilizada no modelo de simulação foi a carga observada na HMM, que é o período mais crítico do dia. A representação gráfica da HMM pode ser vista na Figura 10. O registro de maior tráfego amostrado na HMM foi de 38 chamadas entrantes por segundo, o que corresponde a aproximadamente 136.800 chamadas em uma hora.

A fim de realizar a modelagem do sistema, é necessário converter esses valores de número de chamadas por segundo em tempo entre chegadas, ou seja, o tempo que leva para entrar uma nova ligação após a última que entrou. Esse comportamento pode ser visto na Figura 11.

O tempo entre chegadas (TEC) foi subdividido em três grupos ao longo da HMM, devido ao comportamento apresentado. Entre 16h26min e 16h41min, a média do tempo entre chegadas foi de 0,078358 segundos. Para o período compreendido entre 16h46min e 17h13min, a média para TEC foi de 0,033037 segundos, e no período entre 17h18min e 17h33min, a média de TEC vale 0,081966 segundos. Essa subdivisão foi implementada no modelo, com o objetivo de se aproximarem as simulações o máximo possível do comportamento real do tráfego.

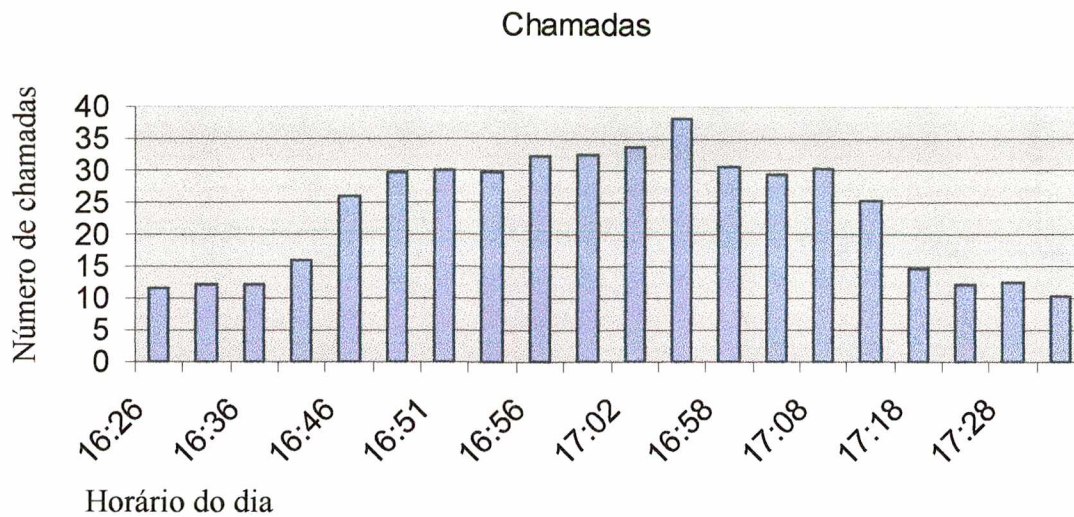


Figura 10 – Número de Chamadas Entrantes por Segundo, na Hora de Maior Movimento.

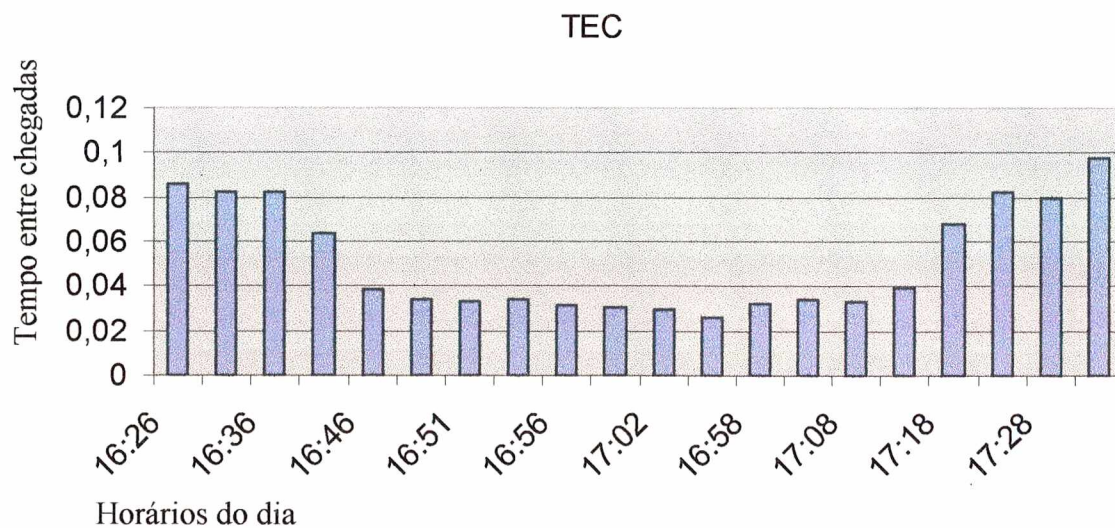


Figura 11 – Tempo entre Chegadas das Ligações Telefônicas na Hora de Maior Movimento.

#### 4.3.6 O Projeto de Experimento

Tendo sido estabelecidos os quatro fatores principais, que determinam a sensibilidade do desempenho do sistema, foi escolhido o projeto de experimento fatorial  $2^k$ , com  $k=4$ , que



determina dois níveis para cada um dos fatores. Os valores da configuração atual do sistema para os fatores são:

- 643 posições de atendimento;
- 1.560 troncos ligados à RTPC;
- 208 filtros digitais; e
- 1.080 canais de máquina de mensagem.

Os níveis dos fatores foram definidos acima e abaixo do valor atual do sistema e ficaram assim quantificados: número de PAs com valores 520 e 760; número de Troncos com valores 1.320 e 1.800; número de Filtros com valores 176 e 240; e número de canais de máquina de mensagem com valores 900 e 1.260.

As duas tabelas a seguir ilustram claramente os níveis utilizados nas simulações. A Figura 12 mostra os fatores e seus níveis e a Figura 13, os fatores, seus níveis e o valor atual do sistema, além da quantidade de dispositivos de hardware necessárias para tal valor.

Fatores	Níveis	
Troncos	1.320	1.800
Filtros	176	240
Canais de URA	900	1.260
Pas	520	760

Figura 12 – Fatores e Níveis para a Avaliação de Desempenho do Sistema.

Fatores	Níveis	Valor Atual
Troncos	1.320 (11 EGs)	1.560 (13 EGs)
	1.800 (15 EGs)	
Filtros	176 (22 DFIDs)	208 (26 DFIDs)
	240 (30 DFIDs)	
Canais de URA	900 (5 ERAs)	1.080 (6 ERAs)
	1.260 (7 ERAs)	
Posições de Atendimento	520	643
	760	

Figura 13 – Fatores e Níveis de Desempenho e Valores Atuais.

Assim, foram feitas 16 simulações distintas, com todos os possíveis cenários que os dois níveis dos quatro fatores possibilitam, alcançando os resultados para análise, que são apresentados nas Tabelas 1 e 2. Foi feita uma simulação adicional, com os valores atuais do sistema; os resultados podem ser vistos nos anexos (Anexo D).

Usando-se a opção de projetos de experimento do software Statistica, selecionou-se o projeto fatorial  $2^k$ , como já citado. Os resultados encontrados nas quatro replicações de cada uma das 16 simulações foram inseridos em uma tabela (Anexo E), e o Statistica se encarrega de fazer todos os cálculos inerentes à teoria relativa ao projeto de experimento fatorial  $2^k$ .

Tabela 1 – Combinações dos Níveis dos Fatores, para o Nível Baixo do Fator Troncos, e os Resultados de Tempo de Resposta das Quatro Replicações de Simulação para Cada Combinação

	Fatores				Rp	Tempo no Sistema (em segundos)
	Troncos	Filtros	Canais de URA	Posições de Atendimento		
Combinações dos Níveis	1.320	176	900	520	1	51,576
					2	51,330
					3	51,443
					4	51,414
	1.320	176	900	760	1	42,310
					2	42,224
					3	42,164
					4	42,221
	1.320	176	1.260	520	1	51,576
					2	51,330
					3	51,443
					4	51,414
	1.320	176	1.260	760	1	42,310
					2	42,224
					3	42,164
					4	42,221
	1.320	240	900	520	1	51,576
					2	51,330
					3	51,443
					4	51,414
	1.320	240	900	760	1	42,185
					2	42,213
					3	42,044
					4	42,240
	1.320	240	1.260	520	1	51,576
					2	51,330
					3	51,443
					4	51,414
	1.320	240	1.260	760	1	42,185
					2	42,213
					3	42,044
					4	42,240

Algo que já pode ser notado nos resultados do tempo de resposta (Tabelas 1 e 2) é que, quando se modifica o valor do fator Canais de URA, mantendo-se os outros fatores no mesmo

nível, o resultado “Tempo de Resposta” permanece inalterado. O mesmo se aplica ao fator Filtros, ou seja, ao se modificar o valor de Filtros, mantendo-se os outros fatores no mesmo nível, o resultado Tempo de Resposta é idêntico. Isso dá indício de que os fatores Canais de URA e Filtros não estão afetando o desempenho nessas circunstâncias de tráfego.

Tabela 2 – Combinações dos Níveis dos Fatores, para o Nível Alto do Fator Troncos, e os Resultados de Tempo de Resposta das Quatro Replicações de Simulação para Cada Combinação

	Fatores				Rp	Tempo no Sistema (em segundos)
	Troncos	Filtros	Canais de URA	Posições de Atendimento		
Combinações dos Níveis	1.800	176	900	520	1	66,869
					2	66,594
					3	66,809
					4	66,575
	1.800	176	900	760	1	50,229
					2	49,951
					3	49,930
					4	49,622
	1.800	176	1.260	520	1	66,869
					2	66,594
					3	66,809
					4	66,575
	1.800	176	1.260	760	1	50,229
					2	49,951
					3	49,930
					4	49,622
	1.800	240	900	520	1	66,869
					2	66,881
					3	66,535
					4	66,809
	1.800	240	900	760	1	49,419
					2	49,408
					3	49,399
					4	49,051
	1.800	240	1.260	520	1	66,869
					2	66,881
					3	66,535
					4	66,809
	1.800	240	1.260	760	1	49,419
					2	49,408
					3	49,399
					4	49,051

#### 4.4 Análise dos Resultados

Depois de os resultados obtidos terem sido tratados pela metodologia inerente ao projeto de experimento escolhido (fatorial  $2^k$ ), foi possível a identificação do fator mais importante com relação ao desempenho da plataforma, que é o número de Posições de Atendimento. Gerou-se



também um relatório completo com os resultados do projeto de experimento utilizado (Anexo G), com vários gráficos a analisar.

Dentro das saídas que se obtêm, o gráfico que apresenta com bastante clareza os efeitos dos fatores das simulações e quais fatores realmente têm importância no desempenho do sistema é o gráfico de Pareto, apresentado a seguir. O gráfico de Pareto vem do resultado final do Projeto de Experimento, apresentado na Tabela 3.

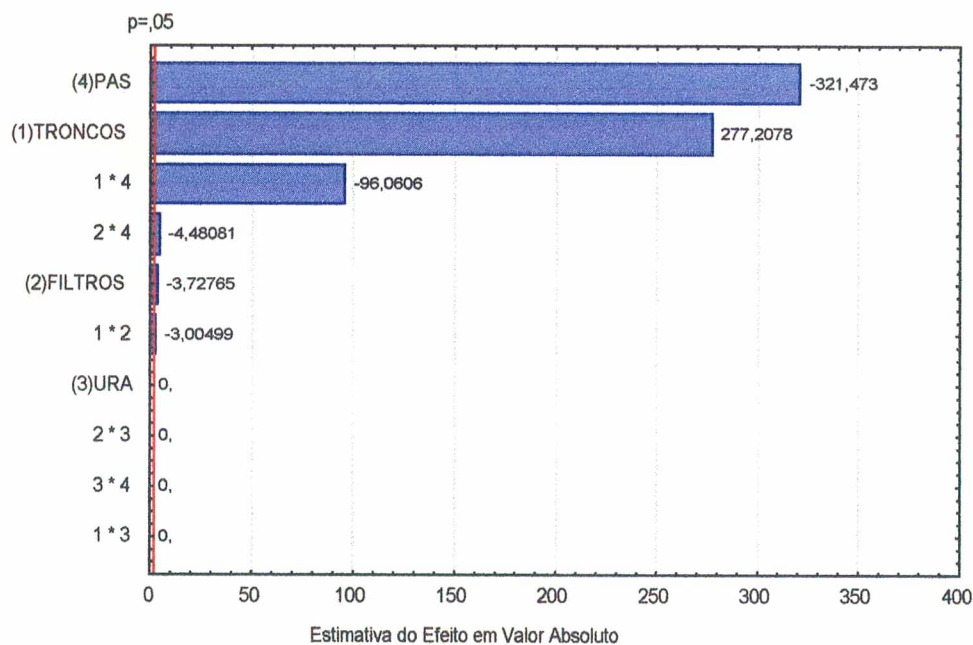


Figura 14 – Gráfico de Pareto, com os Efeitos dos Fatores sobre o Desempenho do Sistema.

Verificando o gráfico de Pareto, nota-se que o fator que mais causa efeito no desempenho do sistema é o número de Posições de Atendimento. Logo em seguida, com efeito também bastante significativo, tem-se o número de Troncos conectados à rede telefônica pública comutada (RTPC). A interação entre esses dois fatores também causa muito efeito no desempenho do sistema, conforme pôde ser verificado no gráfico de Pareto, acima.

O efeito das PAs, visto na Figura 14, está representado por um número negativo, que significa que, quanto mais Posições de Atendimento estiverem em operação, menor será o tempo de resposta ao usuário.

Tabela 3 – Tabela com os Efeitos dos Fatores sobre o Desempenho do Sistema

Regr. Coefficients; Var.:TEMPO; R-sqr=,99972; Adj:,99967

Factor	2**(4-0) design; MS Residual=,0268885 DV: TEMPO			
	Regressn			
	Coeff.	Std.Err.	t(53)	p
Mean/Interc.	52,5024063	0,020497149	2561,44919	0
(1)TRONCOS	5,68196875	0,020497149	277,207757	0
(2)FILTROS	-0,07640625	0,020497149	-3,7276525	0,000471075
(3)URA	0	0,020497149	0	1
(4)PAS	-6,58928125	0,020497149	-321,47306	0
1 * 2	-0,06159375	0,020497149	-3,0049911	0,004050563
1 * 3	0	0,020497149	0	1
1 * 4	-1,96896875	0,020497149	-96,060615	0
2 * 3	0	0,020497149	0	1
2 * 4	-0,09184375	0,020497149	-4,480806	4,00367E-05
3 * 4	0	0,020497149	0	1

No caso dos Troncos, o efeito vem representado por um número positivo, que mostra que, quanto maior o número de Troncos, maior será o tempo de resposta ao usuário. Isso se explica da seguinte forma: com um número de Troncos limitados em 1.560 (valor atual), pode-se ter simultaneamente apenas 1.560 ligações; porém, se se aumentasse a quantidade de Troncos para 5.000, por exemplo, o tempo que o usuário ficaria na fila para ser atendido por uma PA livre seria bem maior, gerando muito congestionamento.

Dessa forma, aumentar o número de Troncos obriga a aumentar também o número de Posições de Atendimento. Isso é representado pela interação entre os dois fatores, o que pode ser visualizado no gráfico de Pareto (Figura 14). A interação entre os dois fatores, PAs e Troncos, causa um efeito negativo, o que ocasionou uma diminuição no tempo de resposta, tendo-se em vista os níveis escolhidos para o projeto de experimento.

Portanto, qualquer redimensionamento na quantidade de Troncos do sistema que venha a ser feito na plataforma deve ser realizado com a atenção voltada também para a quantidade de PAs operantes.

Os efeitos causados pelos outros fatores, Filtros e URA, e suas interações são irrelevantes. Porém, não significa dizer que, se houver um redimensionamento da plataforma, não será necessário incrementar o número de canais de máquina de mensagem e/ou o número de Filtros. O

que se pode dizer é que o equipamento está muito bem dimensionado para a carga de trabalho (tráfego telefônico) que existe no momento.

Através do gráfico de resíduos, verifica-se que estes seguem aproximadamente um modelo Normal, suposição necessária nos testes estatísticos, apresentados na Tabela 3.

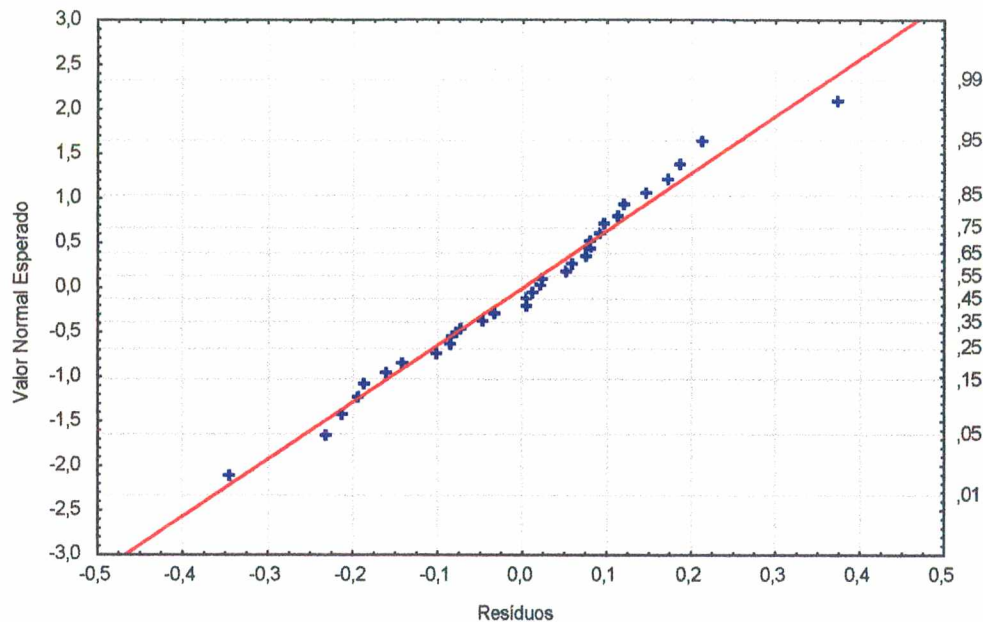


Figura 15 – Gráfico de Resíduos.

A Figura 15 apresenta plotados os resultados obtidos, muito próximos à linha vermelha, o que indica que o modelo de desempenho está dentro de uma normalidade e, portanto, os resultados do projeto de experimento são válidos e aceitáveis.

#### 4.5 Projeto de Experimento Central Composto

Depois da identificação dos dois fatores que causam o maior efeito no desempenho no sistema, foi aplicado um projeto de experimento central composto, que adiciona alguns pontos nos níveis dos fatores de desempenho. Surgem, então, nove novos cenários a serem simulados no modelo construído no Arena. Os fatores Filtros e Canais de URA são fixados no valor atual do sistema, ou seja, número de Filtros igual a 208 e número de canais de URA igual a 1.080.



Dos pontos que o projeto de experimento central composto aponta como níveis dos fatores, o central terá um número de replicações duplicadas em relação aos outros. Com isso têm-se quatro replicações para os pontos axiais e do projeto fatorial; e oito replicações para o ponto central. A Figura 16 mostra graficamente esses pontos, com seus valores.

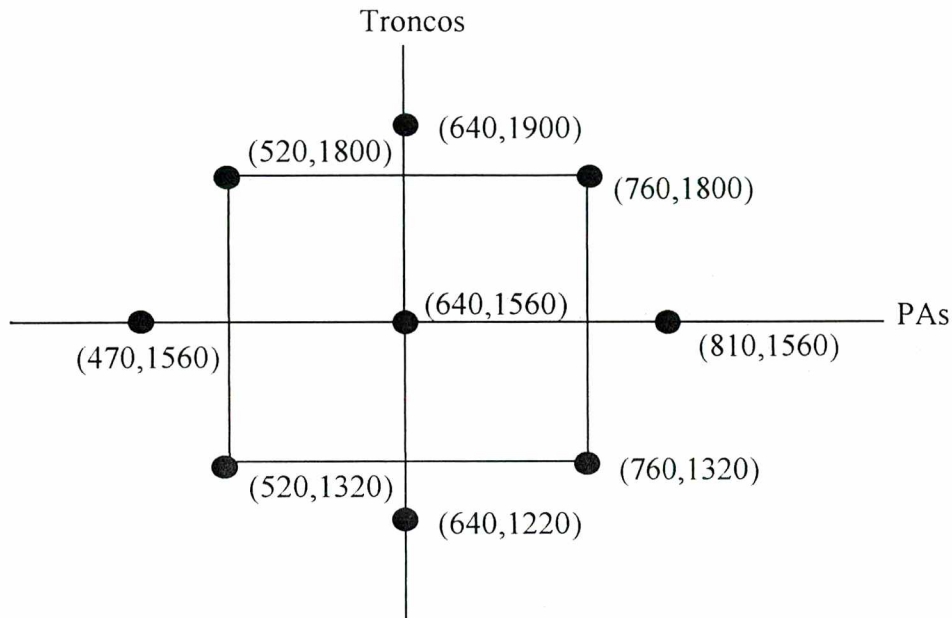


Figura 16 – Pontos do Projeto de Experimento Central Composto.

Realizadas as nove simulações, com as devidas replicações, para verificar um possível comportamento quadrático dos efeitos dos fatores, obtiveram-se os resultados para Tempo de Resposta, apresentados na Tabela 4, onde se pode verificar previamente que os pontos de melhor desempenho do sistema são aqueles que têm o menor número de Troncos possível para o maior número de Posições de Atendimento. Isso se dá pelo fato de que, quanto menos ligações entrantes no sistema houver, menor o atraso interno devido a filas e, obviamente, quanto maior o número de atendentes, maior a agilidade no atendimento e menor o atraso interno.

O gráfico de Pareto, apresentado da seqüência (Figura 17), mostra os efeitos dos fatores lineares e quadráticos, e a Tabela 5 apresenta todos os resultados dos principais efeitos e interações com o nível de confiança para cada um deles.

Tabela 4 – Pontos dos Níveis dos Fatores do Projeto de Experimento Central Composto e os Resultados de Tempo de Resposta das Simulações

Fatores	PAs	Troncos	Rp	Tempo no Sistema
Níveis dos Fatores	470	1.560	1	63,639
			2	63,373
			3	63,735
			4	63,550
	520	1.320	1	51,432
			2	51,333
			3	51,521
			4	51,448
	520	1.800	1	66,354
			2	66,522
			3	66,547
			4	66,916
	640	1.220	1	42,216
			2	42,033
			3	42,079
			4	41,974
	640	1.560	1	50,216
			2	50,343
			3	50,298
			4	50,321
			5	50,257
			6	50,580
			7	50,206
			8	50,374
	640	1.900	1	59,444
			2	59,748
			3	59,608
			4	59,331
	760	1.320	1	42,146
			2	42,044
			3	42,124
			4	42,014
760	1.800	1	49,615	
		2	49,159	
		3	49,420	
		4	49,293	
810	1.560	1	42,090	
		2	41,980	
		3	42,373	
		4	42,061	

Como se pode perceber no gráfico de Pareto (Figura 17), os efeitos lineares são mais significativos no desempenho do sistema, e a interação linear entre Troncos e PAs ainda é mais significativa do que o efeito quadrático para PAs. Dessa forma, o projeto de experimento central composto veio corroborar a análise realizada no projeto de experimento fatorial  $2^k$ , apresentado anteriormente.



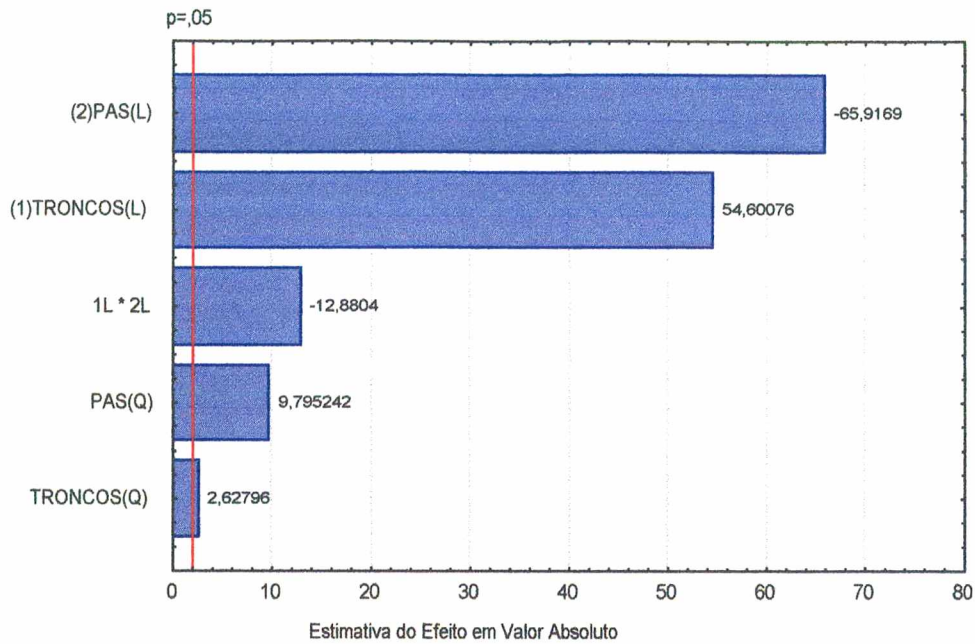


Figura 17 – Gráfico de Pareto, com os Efeitos dos Fatores no Projeto de Experimento Central Composto.

Tabela 5 – Tabela com os efeitos dos fatores no projeto de experimento central composto

Effect Estimates; Var.:TEMPO; R-sqr=,99554; Adj:,99489										
2 factors, 1 Blocks, 40 Runs; MS Residual=,3725239										
DV: TEMPO										
Factor	Effect	Std.Err.	t(34)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	50,32438	0,21579	233,20953	0	49,88584	50,76291	50,32438	0,21579	49,88584	50,76291
(1)TRONCOS (L)	11,78232	0,21579	54,600763	0	11,34378	12,22086	5,89116	0,1079	5,671891	6,110429
TRONCOS (Q)	0,750188	0,28546	2,6279597	0,0127971	0,170055	1,33032	0,375094	0,14273	0,085028	0,66516
(2)PAS (L)	-14,22423	0,21579	-65,91687	0	-14,66277	-13,78569	-7,11211	0,1079	-7,33138	-6,89284
PAS (Q)	2,796188	0,28546	9,7952419	1,976E-11	2,216055	3,37632	1,398094	0,14273	1,108028	1,68816
1L by 2L	-3,93075	0,30517	-12,88037	1,237E-14	-4,550938	-3,310562	-1,96538	0,15259	-2,27547	-1,65528

A análise de superfície de resposta é graficamente visualizada nas Figuras 18 e 19, onde se verifica, respectivamente, a superfície quadrática do tempo de resposta em função de número de Troncos e número de PAs e as curvas de nível dessa função.

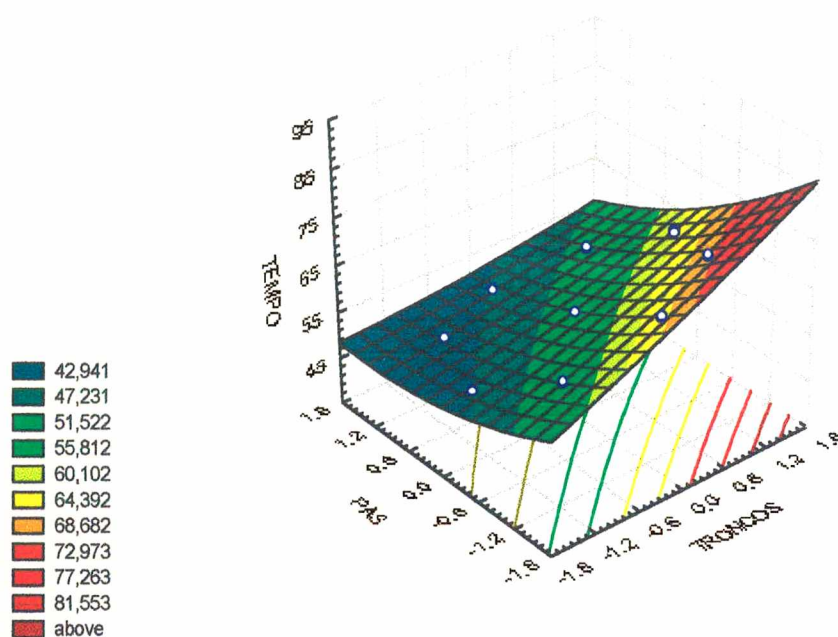


Figura 18 – Gráfico do Tempo de Resposta em Função de Troncos e PAs.

A escala das Figuras 18 e 19 estão em valores codificados, e os valores dos níveis dos fatores estão representados pelos seguintes valores codificados:

- Troncos:
  - 1.220 = -1,41421;
  - 1.320 = -1;
  - 1.560 = 0;
  - 1.800 = 1;
  - 1.900 = 1,41421
- PAs:
  - 470 = -1,41421;
  - 520 = -1;
  - 640 = 0;
  - 760 = 1; 810 = 1,41421

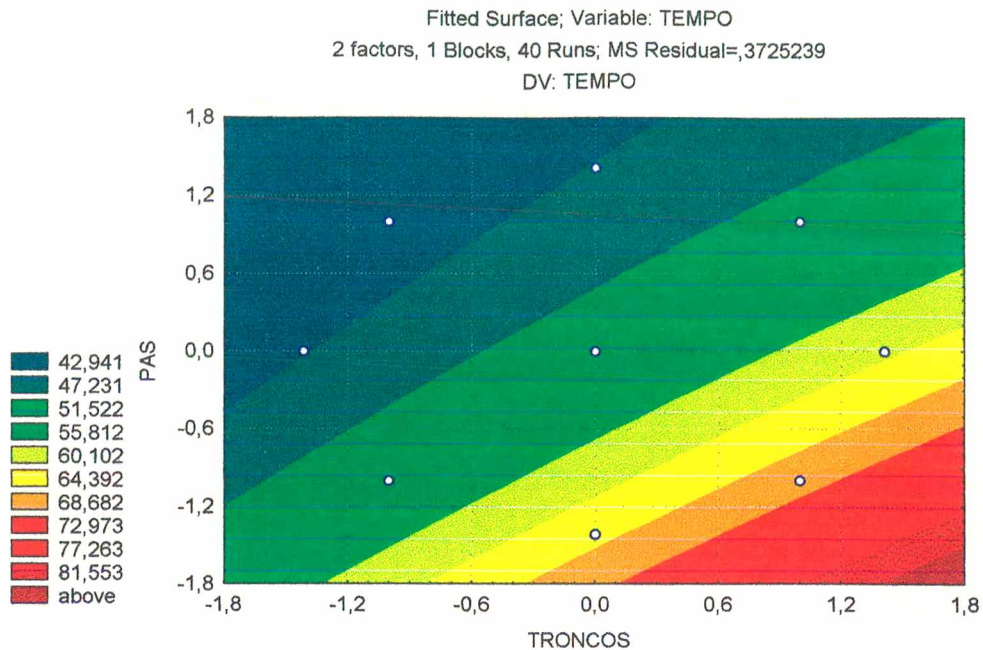


Figura 19 – Gráfico de Curvas de Nível para a Função Tempo x PAs x Troncos.

A área representada com verde mais escuro é a região onde se tem o melhor desempenho do sistema, ou seja, o menor tempo de resposta. Porém, pode-se notar que, para se atingir esse desempenho, o número de Troncos está nos níveis mais baixos possíveis do projeto de experimento, e o número de PAs está nos níveis mais altos. Assim, verifica-se que o ponto de melhor desempenho para esse projeto seria com 760 PAs e 1.320 Troncos.

Tomando-se por base a configuração atual do sistema, que apresenta 643 PAs e 1.560 Troncos, o ponto de melhor desempenho do projeto de experimento indicaria a necessidade de contratação de mais atendentes. Como esse procedimento é bastante complicado em vista de que o investimento não é puramente momentâneo, é razoável aceitar que a satisfação do usuário mantém-se em níveis toleráveis, até que a demanda force a um incremento no fator humano de atendimento aos serviços da plataforma.

Uma pergunta que pode surgir, tendo-se a superfície representada na Figura 18, é: “A cada PA a mais, qual seria a redução esperada de tempo de resposta por cliente?”. Isso pode ser respondido fazendo-se uso da função associada à superfície mostrada ( $Z = 50,3244 + 5,8912.X + 0,3751.X^2 - 7,1121.Y + 1,3981.Y^2 - 1,965375.X.Y$ ), atribuindo-se valores para Y, que representa



número de PAs, e verificando-se o valor resultante para Z (tempo de resposta). Como os valores estão codificados, uma PA a mais significa aumentar 0,001315789 o valor de Y. Assim, se for aumentado o número de PAs de 640 (equivalente ao 0 codificado) para 641 (equivalente ao 0,001315789 codificado), o tempo de resposta médio diminui de 50,32 seg. para 50,31 seg. Isso significa dizer que contratar um novo atendente deve diminuir, em média, 1 centésimo de segundo em cada ligação.

Considerando-se que na hora de maior movimento tem-se aproximadamente 100.000 ligações, o ganho na contratação de um novo atendente, seria a possibilidade de atender 20 chamadas a mais nesse horário. Levando-se em conta o acréscimo que se pode ter ao mês, e o percentual de chamadas cobradas, pode-se avaliar a relação custo/benefício da referida contratação.

Um estudo completo sobre análise de comportamento de cenários futuros pode ser realizado com aplicação de uma metodologia de planejamento de capacidade.

#### **4.6 Futuros Cenários**

Tendo em vista que, para os níveis aplicados dos fatores Filtros e Canais de URA, verificou-se pouca ou nenhuma significância estatística para o desempenho do sistema, resolveu-se alterar sensivelmente os valores dos níveis dos fatores e da carga de trabalho, a fim de induzir à comprovação de que realmente esses fatores são muito importantes para o bom funcionamento da plataforma. Poder-se-ia dizer até que são críticos, pois no caso dos Filtros, quando chega uma ligação na plataforma, é necessário que haja um Filtro disponível para fazer a sinalização de linha, caso contrário a chamada não é completada. Quando se fala de canais de URA, sempre deverá haver algum canal livre, pois, se um usuário está na fila da PA, por exemplo, ele deverá estar ouvindo alguma mensagem ou música, caso contrário, se o telefone ficar mudo por muito tempo, o usuário provavelmente irá desligar, achando que houve algum problema no atendimento.

Assim, verifica-se que realmente são ambos fatores críticos, sobre os quais não deve existir fila, ou, se houver, o tempo na fila deve ser insignificante.

Dessa forma, foram realizadas algumas alterações no modelo, para se verificarem diferenças no comportamento do sistema. O modelo foi simplificado, diminuindo-se o tempo de simulação para 120 segundos, aumentando-se a carga de trabalho para o equivalente a 100 chamadas por segundo, ficando o tempo entre chegadas em 0,01 segundos ( $TEC = EXPO(0,01)$ ), fixando-se novos níveis para os fatores e utilizando-se apenas um ensaio para cada cenário.

Tabela 6 – Níveis dos Fatores e Resultados das Simulações Adicionais

Fatores	Troncos	Filtros	Canais de URA	Posições de Atendimento	Tempo no Sistema
Combinções dos Níveis	1.560	88	540	640	45,615
	1.560	88	540	840	44,987
	1.560	88	720	640	43,663
	1.560	88	720	840	40,362
	1.560	172	540	640	45,152
	1.560	172	540	840	46,576
	1.560	172	720	640	42,482
	1.560	172	720	840	37,826
	2.040	88	540	640	52,070
	2.040	88	540	840	52,105
	2.040	88	720	640	49,289
	2.040	88	720	840	43,992
	2.040	172	540	640	53,928
	2.040	172	540	840	52,852
	2.040	172	720	640	48,855
	2.040	172	720	840	43,486

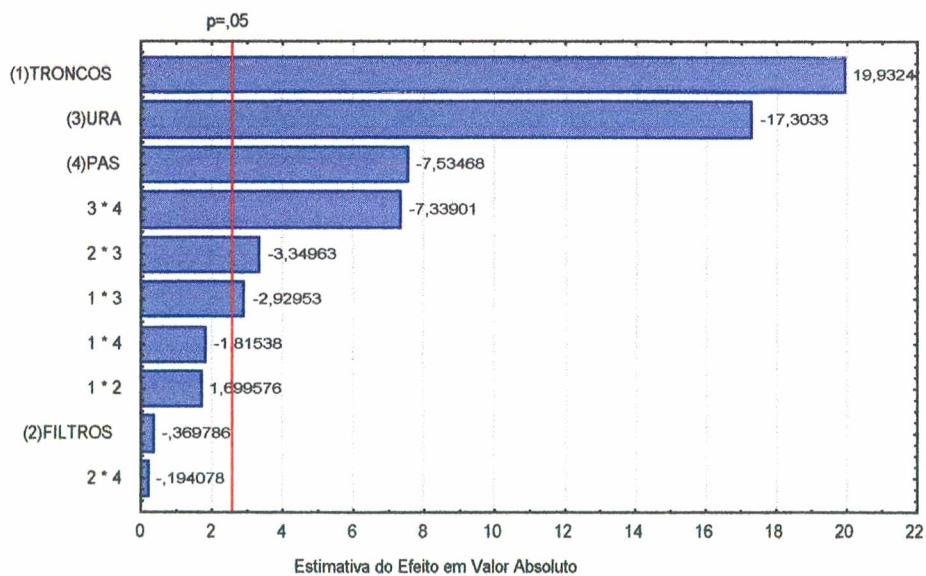


Figura 20 – Gráfico de Pareto, com os Efeitos dos Fatores para os Novos Cenários.

A Tabela 6 mostra as combinações dos níveis dos fatores com os resultados encontrados nas simulações. Nesses resultados, pode-se verificar que apesar de o fator Filtros permanecer sendo apontado como não significativo, sua interação com o fator Canais de URA tem uma significância que pode ser considerada, dando indícios de que realmente há alguma importância para o desempenho da plataforma.

Com esses novos cenários, a importância do fator Canais de URA fica bem evidenciada, como pode ser visto no gráfico de Pareto (Figura 20).

Essa análise pode se estender por uma seqüência bastante grande de variações de cenários, porém o ideal seria a aplicação adequada de uma metodologia de planejamento de capacidade, estudo que fica proposto para uma pesquisa futura sobre o tema do presente trabalho.

## Capítulo 5 – Conclusão

### 5.1 Apresentação

O mercado nacional das concessionárias de telecomunicações, após a privatização, tornou-se extremamente competitivo. É certo que para alguns produtos e serviços não há concorrência, porém cada empresa procura oferecer o melhor possível, a fim de que sua imagem permaneça constantemente lembrada pelos usuários.

O parque tecnológico instalado é crucial para o sucesso das corporações de telefonia, pois um equipamento robusto que oferece garantias de operação constante, com probabilidades mínimas de falhas, possibilita à concessionária prover serviços com segurança e agilidade. Assim, a empresa confia no equipamento e acredita na fidelidade do usuário, e o usuário confia na concessionária em razão de o equipamento funcionar adequadamente.

A maioria das plataformas que existem no mercado é de produção estrangeira, a exemplo de Siemens, Lucent, Ericsson e Unisys. Este trabalho analisa uma plataforma de produção nacional concebida para o atendimento de serviços especializados oferecidos ao cliente usuário. O AXS/20 (Advanced eXchange System) é uma plataforma de grande porte, em operação em várias concessionárias de telefonia fixa dos grandes centros urbanos do Brasil.

A proposta deste trabalho foi aplicar uma metodologia de avaliação de desempenho, para identificar os principais fatores que causam efeito no desempenho do sistema através de um modelo de simulação que representa as características de uma plataforma de comutação telefônica, entre as instaladas no parque nacional. A modelagem foi feita em um ambiente de simulação, o Arena. A avaliação de desempenho figura como um grande passo para um planejamento de capacidade do comportamento futuro do sistema, o que pode ser realizado em seguida.

## 5.2 Avaliação do Modelo

A plataforma AXS/20 SIPT instalada na Telesc Brasil Telecom, em Florianópolis – SC, que atende aos serviços 102/121, 101/107 e 108, teve suas características levantadas para servir de base para a concepção do modelo de simulação programado no Arena.

Quatro foram os fatores de desempenho analisados: número de Posições de Atendimento, número de Troncos telefônicos, número de Filtros digitais e número de Canais de máquina de mensagem. Foram, então, estabelecidos dois níveis para cada fator, para efetuarem-se as simulações no modelo, medindo o tempo de resposta, desde a chegada de uma ligação na plataforma até o momento em que o usuário tem acesso à informação desejada. Utilizou-se uma carga de trabalho real levantada ao longo de um dia, porém considera-se apenas o horário de pico do tráfego.

## 5.3 Resultados

Depois de inseridos os resultados das simulações em um software de tratamento estatístico de dados, o Statistica, foi possível verificar que o fator que mais causa efeito no desempenho do sistema é o número de Posições de Atendimento (PAs), que, se for diminuído, causa um aumento significativo no tempo de resposta medido no modelo. Outro fator muito importante é o número de Troncos conectados ao equipamento, que, se for aumentado, também causa um aumento no tempo de resposta. O número de Troncos possibilita que o sistema atenda simultaneamente ao mesmo número de chamadas entrantes. Assim, aumentando-se o número de Troncos sem aumentar o número de PAs, o atendimento ficará mais lento, devido ao congestionamento interno no sistema. Dessa forma, como pode ser visto no gráfico de Pareto da Figura 14, a interação entre esses dois últimos fatores também é muito importante para o desempenho da plataforma.

Pode-se verificar também que, para os níveis atuais do sistema, os fatores de número de Filtros digitais e número de canais de máquina de mensagem não causam efeitos significativos no desempenho do sistema. Isso significa dizer que a plataforma está superdimensionada com



relação a esses recursos, não significando, porém, que são recursos menos importantes para um momento futuro de aumento de demanda.

Fica evidenciado que a atenção deve estar voltada para o número de Troncos e número de PAs, no momento em que for preciso fazer um redimensionamento do sistema, em razão de crescimento de demanda.

#### **5.4 Projeto de Experimento Central Composto**

A partir dos resultados obtidos com o projeto de experimento Fatorial  $2^k$ , aplicou-se a metodologia do projeto de experimento central composto, levando-se em consideração apenas os fatores identificados como significativos, que são número de Troncos e número de PAs. Os outros fatores foram, então, fixados nos valores reais que a configuração atual da plataforma apresenta, que são: 1.080 Canais de URA e 208 Filtros Digitais.

O projeto de experimento central composto acrescenta cinco pontos nos níveis dos fatores de desempenho, um ponto central e quatro axiais. Assim, foram realizadas nove simulações com quatro replicações para cada ponto, à exceção do ponto central, que merece mais atenção, sobre o qual foram realizadas oito replicações.

Verificou-se que a linearidade do comportamento do sistema foi mantida, reforçando os resultados obtidos no projeto de experimento fatorial  $2^k$ .

Um ponto ótimo de desempenho pode ser apontado, porém depende de contratação de efetivo humano para Posições de Atendimento, para que se tenha o melhor desempenho possível em função do número de Troncos que a plataforma possui. Sendo um investimento perene, essa melhoria fica à mercê dos objetivos e metas estabelecidos pela companhia telefônica, com relação à agilidade de atendimento e satisfação do usuário.

#### **5.5 Novos Cenários**

Como não ficou evidenciado no projeto de experimento utilizado que os fatores Filtros e Canais de URA têm importância significativa, resolveu-se modificar os cenários e a carga de trabalho, para que pudesse ser comprovada essa importância.

Alterou-se a carga de trabalho para algo equivalente a 100 chamadas entrantes por segundo, consideraram-se níveis bem mais baixos para os fatores antes não significativos e aumentou-se o nível alto de Troncos. Essas modificações objetivaram gerar um congestionamento maior dentro do sistema, a fim de comprovar a importância de Filtros e Canais de URA.

Pôde-se perceber que o número de canais de URA, se mostraram muito significativos para o desempenho do sistema. Com relação aos Filtros, não foi verificado o mesmo, porém existe uma interação entre Filtros e Canais de URA que se considera significativa. Portanto, dá indícios da importância dos Filtros também. Essa análise foi tirada da Tabela 6 e do gráfico de Pareto da Figura 20.

Um estudo mais aprofundado pode ser realizado, fazendo-se uma previsão futura com maior precisão e aplicando-se uma metodologia de planejamento de capacidade, estudo que será realizado mais adiante.

## **5.6 Contribuições do Trabalho**

A modelagem e avaliação de desempenho aqui apresentadas são aplicáveis a qualquer plataforma de telefonia que esteja instalada em uma concessionária de telecomunicações, seja ela um AXS/20 ou qualquer outro equipamento operacional, bastando apenas fazer as modificações no modelo, de acordo com as características funcionais e de hardware do sistema, e ter acesso a dados de carga de trabalho desse equipamento.

Essa metodologia se presta também para centrais telefônicas de menor porte, aos moldes das que são utilizadas internamente em empresas e escritórios.

Este trabalho tem um valor bastante significativo tanto para a empresa que produz a plataforma analisada, quanto para as concessionárias de telecomunicações, e a primeira poderá utilizar-se dos resultados e da metodologia para oferecer mais confiabilidade aos seus equipamentos instalados, a serem atualizados ou a serem instalados, e a segunda poderá utilizar-se da metodologia e sugestões para agilizar seu atendimento ou aplicá-las em outra plataforma de características semelhantes.

## **5.7 Limitações**

Como este estudo está baseado nas características de um equipamento específico, o modelo de simulação foi desenvolvido segundo tais características. Assim, o modelo fica limitado apenas a plataformas que tenham as mesmas características de prestação de serviços e de configuração de hardware, fato muito difícil de ocorrer na prática, tendo em vista que cada plataforma tem uma “identidade própria”.

Assim, quando se buscar fazer um estudo semelhante em outra plataforma, haverá que se fazerem alterações no modelo de simulação, contudo a metodologia e a análise de resultados poderão ser empregadas da mesma maneira.

Não se consideram aqui tempos despendidos por problemas na transmissão de dados, quando do acesso à base de dados da empresa de telefonia, mantendo-se o atraso em um patamar considerado normal.

Como a avaliação do desempenho foi feita com apenas uma variável de resposta, pode-se chegar à conclusão de que diminuir o número de Troncos melhora o sistema. Dessa forma, o ideal seria a utilização de múltiplas variáveis.

## **5.8 Sugestões de Novos Trabalhos**

Após a realização deste estudo, uma proposta atraente seria aplicar a metodologia de planejamento de capacidade prevendo um acréscimo substancial na carga de trabalho atual, a fim de se verificar o comportamento do sistema num futuro próximo e de prever quando poderá acontecer uma saturação no sistema. O planejamento de capacidade poderá sugerir, em função do acréscimo de Troncos ao equipamento, o número de Posições de Atendimento necessário para manter um bom desempenho, e também fazer a relação custo/benefício do investimento na melhoria do equipamento.

Outro incremento ao trabalho seria considerar-se o atraso inerente ao acesso à base de dados corporativa, uma vez que, a exemplo do sistema utilizado para a modelagem que tem sua base de dados centralizada em Brasília – DF, esse atraso é um elemento muito importante para o

desempenho do sistema, pois está diretamente ligado ao tempo de resposta aqui utilizado como métrica de desempenho.

A aplicação de uma metodologia mais completa, com múltiplas variáveis de resposta, é um grande atrativo e poderá apontar um resultado mais apurado, evitando que se tirem conclusões incoerentes. Também, a escolha de novos fatores pode vir a melhorar substancialmente os resultados aqui obtidos.

# **Anexos**

## Anexo A – Trabalhos Relacionados

Nesta seção é apresentado um levantamento de trabalhos e artigos científicos que têm algum tópico relacionado com os assuntos abordados neste trabalho, que são: Sistemas de Telecomunicações e Serviços de *Call Center*, Avaliação de Desempenho em sistemas Cliente/Servidor ou Protocolos de Redes e Utilização de Ferramentas de Simulação.

### A.1 Sistemas de Telefonia

- Merton (1999), em **Evolution of Performance Testing in a Distributed Client/Server Environment**, realiza uma análise em um sistema de telefonia celular baseado em sistemas cliente/servidor que utiliza aplicação Oracle para acesso à base de informações.

Merton cita que o aumento contínuo de usuários do sistema, aumentando a carga de trabalho, ocasiona uma degradação do desempenho, aumentando exponencialmente o tempo de resposta das requisições.

Os testes de performance são realizados através de medições nos recursos do sistema, utilizados para processar a quantidade de consultas geradas pela carga de trabalho real. Porém, para se identificarem mais claramente quais recursos do sistema irão se tornar gargalos com o crescimento da demanda, a técnica sugerida é a utilização de uma ferramenta de modelagem de performance, combinada com testes de medição, com menor custo em testes reais na plataforma. Essa sugestão é colocada pelo fato de que atualmente o sistema não estaria apto a operar nem representar a realidade com uma carga de trabalho maior que a atual.

- Atualmente, os sistemas de gerência em telecomunicações são poderosos, porém plataformas proprietárias e centralizadas têm limitado o crescimento das redes de telecomunicações. Essa limitação força a necessidade de sistemas abertos e simulações na área de telecomunicações em busca de soluções para esse problema em ambientes distribuídos. Em **Telecommunication Service Management Implementation using CORBA, Java and Computational Reflection**, Gonçalves (1999) apresenta um modelo de simulação para gerenciamento de serviços de telecomunicações que aponta alguns pontos importantes,

suficientes e necessários, para avaliar as aplicações de serviços distribuídos em sistemas heterogêneos. Utilizou-se uma aplicação *Benchmark* para validar o modelo usado e também para avaliar o custo/desempenho de todo o serviço de gerenciamento.

- Pazeto (2000) apresenta uma **Metodologia para Planejamento de Capacidade de Call Center**, para a qual foi necessário o dimensionamento e projeção de volumes de chamadas entrantes em um sistema de *call center* de uma empresa de telefonia celular. A metodologia aplicada considera os índices de desempenho definidos pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) para prestação de serviços de telecomunicações.

Pazeto prevê o dimensionamento de Posições de Atendimento, sem muito desperdício. Utiliza a técnica de simulação associada ao projeto de experimento fatorial  $2^k$  com dois fatores ( $k=2$ ). Visualiza que o sistema consegue suportar a demanda esperada até a metade de 2001 (sua dissertação foi apresentada em dezembro de 2000).

- Em **Análise da Situação de Trabalho do Supervisor como Líder Estratégico em Call Center's: Um Estudo de Caso numa Operadora de Telecomunicações**, Ferreira (2001) analisa o fator humano com relação à produtividade e desempenho de um *call center* específico em Santa Catarina, após a privatização do setor de telecomunicações no Brasil. Preocupa-se com o lado social dentro da empresa, com o objetivo de manter um bom relacionamento entre os elementos que estão presentes na prestação de serviços de *call center*, que são: atendentes, supervisores, empresa e equipamentos.

- Schweitzer (1996) define um **Modelo de Informação de Gerência para a Central de Comutação AXS/20**, tendo em vista de que a Telebrás adotou o padrão TMN para gerenciar a rede de telecomunicações, com o objetivo de aumentar a eficiência da administração, operação e manutenção da rede, maximizando a receita e reduzindo os custos, e aumentando a qualidade do serviço oferecido. O objetivo de seu modelo de informação é atender à área funcional de gerência de configuração da Central AXS/20. Schweitzer propõe que seu modelo deve ser estendido a fim de abranger as demais funcionalidades de gerência necessárias.

• Em **End-To-End Response Time: Where to Measure?**, Norton (1999) expõe o fato de que as transações baseadas em aplicações cliente/servidor estão longe dos antigos sistemas em *batch* com um único computador. Para avaliar questões relacionadas ao desempenho, tradicionalmente foca-se nos recursos do sistema e nos fluxos de trabalho, de forma a determinar se o sistema é suficientemente bom para prestar um serviço sob uma determinada carga de trabalho.

Em sistemas com grandes instalações computacionais, com múltiplos sistemas, tais como é a maioria dos sistemas telefônicos de provimento de serviços atuais, tem-se a necessidade de não apenas conhecer os sistemas operacionais, as plataformas, os clientes, os servidores, as redes, os sistemas de transação, etc., mas também os relacionamentos entre eles e os objetivos comerciais.

A proliferação de aplicações cliente/servidor *multi-tier* tornou a medição do tempo de resposta muito mais complexa. É muito mais importante analisar uma aplicação de tempo de resposta com o ponto de vista do negócio. A maior importância de uma análise de tempo de resposta está focada nos três seguintes itens:

- Acordo de Nível de Serviço: negociação formal entre a organização e seus clientes;
- Previsão da Aplicação: previsão clara da aplicação de tempo de resposta, através de planejamento de capacidade ou modificação no Acordo de Nível de Serviço; e
- Gerenciamento da Configuração: conhecimento do retorno sobre investimentos em modificações físicas no ambiente, tais como atualizações de servidores e modificações de rede.

Norton apresenta quatro técnicas de medições (Instrumentação da Aplicação, Instrumentação do Cliente, “*Wire Sniffing*” e “*Benchmarking*”), mostrando que diferem em como são implementadas e em suas habilidades de coletar os dados até o ponto de medição. Porém, nenhuma pode ser implementada em pontos de medição necessários a decisões comerciais. Sabendo das limitações das técnicas, a seleção de uma técnica deve esperar que ela possa ser ajustada às características das necessidades do negócio. Quando se pensa em medições de aplicações, tem que se ter em mente os axiomas “Apenas porque queremos não significa que podemos” e “Apenas porque podemos não significa que queremos”, que mostram que negócios necessitam tanto de desejo e quanto de implementação sobre qualquer esforço de medição de aplicação.



## A.2 Análise de Desempenho em Sistemas Cliente/Servidor

- A avaliação de desempenho de sistemas cliente/servidor apresentada por Ibe (1993) considera um sistema distribuído constituído de  $n$  estações de trabalho e um servidor, interconectados por uma rede local (LAN). Assume-se que uma estação de trabalho não gera uma nova requisição até que tenha recebido resposta da requisição prévia. O sistema é modelado utilizando-se redes de Petri estocásticas e considera apenas os aspectos relativos aos processamentos dos usuários que requerem acesso ao servidor.

São modelados dois tipos distintos de método de acesso à rede: um baseado em redes CSMA/CD, e outro baseado em redes tipo Token Ring. Os modelos proporcionam a avaliação do tempo de resposta das requisições e do *throughput* na rede, que são medidos considerando-se o número de estações de trabalho variando entre  $n = 5$ ,  $n = 7$  e  $n = 10$ .

- Menascé (1997) mostra a aplicação da metodologia de engenharia de performance de software (SPE) em um sistema de recrutamento e treinamento que está sofrendo “downsizing” de um sistema baseado em *mainframe* para um ambiente cliente/servidor.

A aplicação e a base de dados atuais residem em um antigo *mainframe*, cuja manutenção é muito cara. Além disso, a aplicação possui uma interface de usuário muito antiquada, muitos programas têm mais de 20 anos e são escritos em diferentes linguagens de programação. O novo ambiente a ser proposto é composto de vários centros de recrutamento com várias estações de trabalho interconectadas por uma rede local *Ethernet* de 10 Mbps. Cada centro de recrutamento pode ou não ter um servidor de aplicação local e um servidor de base de dados local. Todos os centros de recrutamento são conectados por uma rede de longa distância (WAN).

- Em **Application of Middleware in the Three Tier Client/Server Database Design Methodology**, Fong (1999) mostra que servidores *middleware* podem ser uma boa solução para ambientes de base de dados heterogêneos, da mesma forma como também são bem aplicáveis a um conjunto de requerimentos de dados em unidades de negócio, como armazenamento temporário, a fim de se conseguir uma melhor performance.

A proposta de Fong nesse trabalho é uma metodologia para desenvolver uma aplicação Cliente/Servidor *3-tier*, com melhoria na capacidade gráfica, a ser aplicada em um sistema já existente.

Identificar a natureza da aplicação, a entidade de negócio e o ambiente de base de dados heterogêneos é a tarefa chave.

Reduzir-se o sistema Cliente/Servidor *3-tier* a um ambiente gerenciável é indicado pelo estudo de caso usado.

O valor prático da metodologia foi identificar as funções de *middleware* para um sistema de base de dados Cliente/Servidor *3-tier*.

- Farrell (1998) mostra uma metodologia de avaliação de desempenho para uma aplicação cliente/servidor de base de dados distribuída. O sistema analisado suporta até 1.000 usuários interativos, que podem gerar processos e consultas *on-line*, e está dividido em seis servidores interconectados via TCP/IP, com dados espelhados. ma

Ao longo de dois ou três, anos o volume de transações saltou de 1.500 para 200.000 por hora. O primeiro passo foi estimar a carga de trabalho, traduzindo em termos de nível de transações e frequência de execuções, o que, combinado às medições do tempo de utilização de CPU e tempo de serviço de disco, possibilitou uma estimativa do número de CPUs e discos necessários para encontrar os objetivos de desempenho.

Foram utilizadas várias ferramentas de medição de utilização e desempenho, em três categorias: 1) ferramentas do UNIX orientadas a hardware, 2) ferramentas de *middleware*, e 3) facilidades de medição no nível de aplicação. Para a aplicação da metodologia, foi considerado um sistema com cinco servidores de base de dados e 16 CPUs, levando os resultados da medição a 90% de utilização dos servidores e 60% de utilização das CPUs. Como forma de balancear essa utilização, foi aumentado o número de servidores para oito, resultando em uma utilização de 56% para os servidores e de 58% para as CPUs.

Para esse tipo de análise de desempenho, é muito importante que se tenha suporte de teste na própria aplicação em estudo e uma infra-estrutura montada para que se possam fazer testes de medição.

### A.3 Utilização da Simulação como Ferramenta

- Tirelli (1999), em seu trabalho de conclusão de curso em Ciência da Computação, **Desenvolvimento de um Template para a Simulação de Redes de Gerência de Telecomunicações: Uma Ferramenta para a Avaliação de Desempenho**, cria uma unidade de biblioteca para o ambiente de simulação Arena. Essa unidade, chamada *template*, estará disponível a qualquer pessoa que queira criar um ambiente de simulação de redes de gerência de telecomunicações, poupando sensivelmente o trabalho.

Tirelli desenvolve o template para TMN (Telecommunication Management Network) dentro da especificação ISO, normas série M3000. Acredita que a contribuição de seu trabalho seja grande, pois crê ter dado um dos passos iniciais para despertar o interesse em se utilizarem as metodologias de avaliação de desempenho e planejamento de capacidade no mundo das telecomunicações.

- Sobral (2000), em sua dissertação de mestrado, **Avaliação de Desempenho de Redes de Gerência TMN**, propõe-se a definir uma metodologia para um bom dimensionamento de redes TMN (Telecommunication Management Network), a fim de auxiliar projetistas a especificar uma rede de gerenciamento, com custo consideravelmente baixo e com bom desempenho. Para isso, define métodos e ferramentas capazes de prover esse auxílio. Preocupa-se, principalmente, com a caracterização do tráfego inerente a esse tipo de rede, e com a aplicação de avaliação de desempenho da TMN.

O tráfego da rede é obtido através de modelagem analítica, e os valores obtidos são usados na avaliação de desempenho da rede em questão. Utilizando-se de simulação programada no Arena, percebe que as várias categorias de tráfego desse tipo de rede são bem aplicáveis à simulação, conseqüentemente à avaliação de desempenho.

Embora os testes tenham sido realizados em rede Ethernet, Sobral acredita que os resultados são válidos para outras tecnologias.

- Choi (1999), em **Simulation of Controlled Queuing Systems and its Application to Optimal Resource Management in Multiservice Cellular Networks**, apresenta um estudo sobre sistema de fila controlada, em que são tomadas decisões de aceitar ou rejeitar usuários que

chegam. As decisões são baseadas em várias informações disponíveis ao controlador e motivadas por diferentes incentivos.

A hora da decisão é o tempo imediatamente seguinte à chegada, e as decisões são requeridas somente quando o usuário entra no sistema. Esse sistema de fila controlada pode ser formulado como um processo de decisão semi-Markov. Um problema de decisão Markov (MDP) é um processo de decisão, em conjunto com um critério de performance, como em uma função objetiva.

Choi considera como fator mais importante do estudo o fato de ter demonstrado que o processo de decisão de Markov é bem aplicado para esse tipo de problema de otimização.

#### **A.4 Desempenho em Protocolos e Aplicações de Internet**

- Meira (1998), em **Performance Analysis of WWW Cache Proxy Hierarchies**, apresenta uma técnica para analisar a performance das hierarquias de cache *proxy*, baseada em duas métricas: taxa de acerto hierárquico e eficiência da cache.

Essa técnica leva os administradores de sistema a analisar e adequar suas configurações de sistemas com base não somente em relatórios dos servidores de cache, mas também em comportamento hierárquico sob outras condições de carga de trabalho.

Os experimentos mostram que um aumento, em termos de taxa de acerto, normalmente significa menos eficiência e vice-versa. Viu-se também que a eficiência de cache não muda significativamente com as características da carga de trabalho e com a taxa de chegada de requisições, o que facilita o trabalho de coleta e análise de performance dos dados.

- Em **The Performance of TCP Over ATM ABR and UBR Services**, Cai (1998) usa a taxa de vazão e a conformidade às regras como métricas de desempenho, e a comparação entre o desempenho do TCP sobre o serviço ABR e do TCP sobre o serviço UBR também é mostrada.

Com a necessidade do aumento da banda das redes e altas velocidades, o ATM tem sido uma solução muito bem considerada no meio acadêmico e industrial. Dentre os serviços oferecidos pelo ATM, têm-se Available Bit Rate (ABR) e Unspecified Bit Rate (UBR), que são usados para a transmissão de dados.

Parece que as conclusões obtidas são as que geralmente se ouve: o TCP sobre o ABR é melhor que o TCP sobre o UBR, tanto em eficiência quanto em justiça em relação às regras.

## Anexo B – Dados de Levantamento de Tráfego

DÍGITRO TECNOLOGIA LTDA.

BXS - DIGITRO

### LEVANTAMENTO DE TRÁFEGO

Data Inicial: 19/11/2001 00:00

Data Final : 19/11/2001 23:59

#### REGISTRO DE AMOSTRAS:

-----	Pico	Máx.Méd.	Média	Máx.Méd.	Ultr.
	Ocupação	Ocupação	Atend.	Atend.	Tráfego
19/11/2001 00:00:29	0002.0	0000.9	0000.7	0000.9	000000
19/11/2001 00:05:29	0001.8	0001.1	0000.8	0001.1	000000
19/11/2001 00:10:30	0001.6	0000.9	0000.5	0000.9	000000
19/11/2001 00:15:32	0001.6	0000.8	0000.5	0000.8	000000
19/11/2001 00:20:31	0001.4	0000.8	0000.6	0000.8	000000
19/11/2001 00:25:33	0001.6	0000.8	0000.5	0000.8	000000
19/11/2001 00:30:33	0001.2	0000.6	0000.4	0000.6	000000
19/11/2001 00:35:35	0001.2	0000.7	0000.4	0000.7	000000
19/11/2001 00:40:34	0001.4	0000.6	0000.5	0000.6	000000
19/11/2001 00:45:36	0001.2	0000.6	0000.4	0000.6	000000
19/11/2001 00:50:37	0001.0	0000.5	0000.3	0000.5	000000
19/11/2001 00:55:36	0001.0	0000.6	0000.5	0000.6	000000
19/11/2001 01:00:37	0001.0	0000.5	0000.2	0000.5	000000
19/11/2001 01:05:38	0001.0	0000.4	0000.2	0000.4	000000
19/11/2001 01:10:39	0001.2	0000.5	0000.2	0000.5	000000
19/11/2001 01:15:39	0001.2	0000.5	0000.3	0000.5	000000
19/11/2001 01:20:40	0001.0	0000.4	0000.2	0000.4	000000
19/11/2001 01:25:41	0001.0	0000.3	0000.2	0000.3	000000
19/11/2001 01:30:41	0000.8	0000.3	0000.2	0000.3	000000
19/11/2001 01:35:43	0001.2	0000.4	0000.3	0000.4	000000
19/11/2001 01:40:43	0001.0	0000.4	0000.2	0000.4	000000
19/11/2001 01:45:44	0001.0	0000.3	0000.1	0000.3	000000
19/11/2001 01:50:45	0000.6	0000.2	0000.1	0000.2	000000
19/11/2001 01:55:46	0000.8	0000.3	0000.3	0000.3	000000
19/11/2001 02:00:46	0000.8	0000.3	0000.2	0000.3	000000
19/11/2001 02:05:47	0000.6	0000.2	0000.0	0000.2	000000
19/11/2001 02:10:47	0000.8	0000.2	0000.1	0000.2	000000
19/11/2001 02:15:48	0000.6	0000.2	0000.2	0000.2	000000
19/11/2001 02:20:49	0000.8	0000.3	0000.1	0000.3	000000
19/11/2001 02:25:50	0000.6	0000.2	0000.1	0000.2	000000
19/11/2001 02:30:51	0000.6	0000.2	0000.0	0000.2	000000
19/11/2001 02:35:52	0000.6	0000.2	0000.1	0000.2	000000
19/11/2001 02:40:52	0000.6	0000.2	0000.2	0000.2	000000
19/11/2001 02:45:52	0000.8	0000.2	0000.0	0000.2	000000
19/11/2001 02:50:53	0000.8	0000.2	0000.1	0000.2	000000
19/11/2001 02:55:53	0000.6	0000.2	0000.0	0000.2	000000
19/11/2001 03:00:54	0001.0	0000.2	0000.2	0000.2	000000
19/11/2001 03:05:55	0000.4	0000.1	0000.1	0000.1	000000
19/11/2001 03:10:55	0000.6	0000.1	0000.1	0000.1	000000
19/11/2001 03:15:55	0000.6	0000.2	0000.1	0000.2	000000
19/11/2001 03:20:56	0000.6	0000.1	0000.0	0000.1	000000

19/11/2001	03:25:57	0000.6	0000.2	0000.1	0000.2	000000
19/11/2001	03:30:59	0000.4	0000.1	0000.1	0000.1	000000
19/11/2001	03:35:58	0000.6	0000.2	0000.2	0000.2	000000
19/11/2001	03:40:59	0000.6	0000.2	0000.1	0000.2	000000
19/11/2001	03:46:00	0000.4	0000.1	0000.1	0000.1	000000
19/11/2001	03:51:00	0000.4	0000.1	0000.1	0000.1	000000
19/11/2001	03:56:01	0000.4	0000.1	0000.0	0000.1	000000
19/11/2001	04:01:02	0000.4	0000.1	0000.0	0000.1	000000
19/11/2001	04:06:03	0000.6	0000.1	0000.1	0000.1	000000
19/11/2001	04:11:04	0000.6	0000.1	0000.1	0000.1	000000
19/11/2001	04:16:04	0000.4	0000.1	0000.0	0000.1	000000
19/11/2001	04:21:05	0000.6	0000.1	0000.1	0000.1	000000
19/11/2001	04:26:06	0000.4	0000.1	0000.0	0000.1	000000
19/11/2001	04:31:07	0000.4	0000.1	0000.1	0000.1	000000
19/11/2001	04:36:08	0000.6	0000.1	0000.0	0000.1	000000
19/11/2001	04:41:10	0000.4	0000.2	0000.0	0000.2	000000
19/11/2001	04:46:11	0000.6	0000.1	0000.1	0000.1	000000
19/11/2001	04:51:11	0000.6	0000.2	0000.0	0000.2	000000
19/11/2001	04:56:14	0000.4	0000.1	0000.0	0000.1	000000
19/11/2001	05:01:14	0000.8	0000.1	0000.1	0000.1	000000
19/11/2001	05:06:15	0000.4	0000.1	0000.1	0000.1	000000
19/11/2001	05:11:15	0000.6	0000.2	0000.2	0000.2	000000
19/11/2001	05:16:16	0000.4	0000.2	0000.0	0000.2	000000
19/11/2001	05:21:17	0000.4	0000.2	0000.1	0000.2	000000
19/11/2001	05:26:16	0000.8	0000.1	0000.1	0000.1	000000
19/11/2001	05:31:18	0000.4	0000.1	0000.0	0000.1	000000
19/11/2001	05:36:18	0000.4	0000.1	0000.0	0000.1	000000
19/11/2001	05:41:19	0000.6	0000.2	0000.0	0000.2	000000
19/11/2001	05:46:21	0000.8	0000.2	0000.1	0000.2	000000
19/11/2001	05:51:20	0000.6	0000.2	0000.0	0000.2	000000
19/11/2001	05:56:22	0000.6	0000.2	0000.2	0000.2	000000
19/11/2001	06:01:23	0000.6	0000.2	0000.2	0000.2	000000
19/11/2001	06:06:23	0000.8	0000.3	0000.2	0000.3	000000
19/11/2001	06:11:24	0001.0	0000.3	0000.2	0000.3	000000
19/11/2001	06:16:25	0000.6	0000.3	0000.2	0000.3	000000
19/11/2001	06:21:24	0000.8	0000.3	0000.2	0000.3	000000
19/11/2001	06:26:26	0000.6	0000.3	0000.2	0000.3	000000
19/11/2001	06:31:27	0001.0	0000.4	0000.4	0000.4	000000
19/11/2001	06:36:26	0001.0	0000.4	0000.4	0000.4	000000
19/11/2001	06:41:28	0001.4	0000.6	0000.3	0000.6	000000
19/11/2001	06:46:28	0001.4	0000.8	0000.4	0000.8	000000
19/11/2001	06:51:29	0001.4	0000.8	0000.7	0000.8	000000
19/11/2001	06:56:29	0001.6	0000.9	0000.7	0000.9	000000
19/11/2001	07:01:29	0002.4	0001.2	0001.0	0001.2	000000
19/11/2001	07:06:31	0002.0	0001.3	0001.1	0001.3	000000
19/11/2001	07:11:32	0002.4	0001.7	0001.3	0001.7	000000
19/11/2001	07:16:32	0002.8	0001.6	0001.5	0001.6	000000
19/11/2001	07:21:33	0002.8	0001.7	0001.6	0001.7	000000
19/11/2001	07:26:34	0003.2	0002.1	0001.6	0002.1	000000
19/11/2001	07:31:35	0003.4	0002.2	0002.1	0002.2	000000
19/11/2001	07:36:36	0003.6	0002.4	0001.8	0002.4	000000
19/11/2001	07:41:36	0003.8	0002.4	0002.0	0002.4	000000
19/11/2001	07:46:38	0004.2	0002.9	0002.3	0002.9	000000
19/11/2001	07:51:37	0004.4	0003.0	0002.6	0003.0	000000
19/11/2001	07:56:39	0005.6	0003.4	0003.1	0003.4	000000
19/11/2001	08:01:38	0005.4	0003.7	0003.0	0003.7	000000
19/11/2001	08:06:39	0005.8	0004.3	0004.0	0004.2	000000



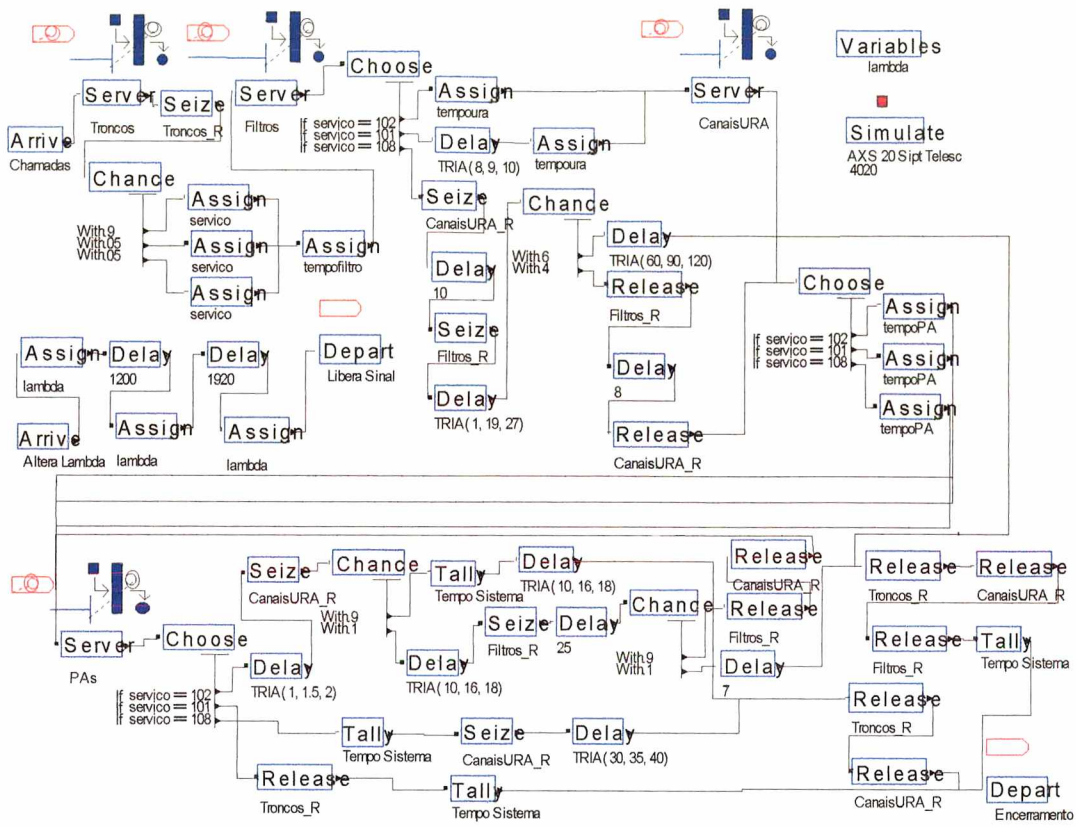
19/11/2001	08:11:39	0006.2	0004.5	0004.5	0004.5	000000
19/11/2001	08:16:39	0006.4	0004.9	0004.5	0004.9	000000
19/11/2001	08:21:40	0006.8	0005.0	0004.9	0005.1	000000
19/11/2001	08:26:40	0009.2	0005.5	0004.9	0005.5	000000
19/11/2001	08:31:42	0007.6	0005.7	0004.9	0005.7	000000
19/11/2001	08:36:41	0007.2	0005.7	0005.5	0005.7	000000
19/11/2001	08:41:42	0007.8	0006.0	0005.9	0006.0	000000
19/11/2001	08:46:41	0008.0	0006.7	0006.7	0006.7	000000
19/11/2001	08:51:42	0008.2	0007.1	0006.8	0007.1	000000
19/11/2001	08:56:42	0009.6	0007.5	0007.2	0007.5	000000
19/11/2001	09:01:42	0010.6	0008.7	0007.6	0008.7	000000
19/11/2001	09:06:43	0011.0	0008.2	0008.0	0008.2	000000
19/11/2001	09:11:43	0011.2	0008.7	0008.6	0008.7	000000
19/11/2001	09:16:43	0010.8	0008.9	0008.0	0008.8	000000
19/11/2001	09:21:43	0011.4	0009.0	0009.0	0009.0	000000
19/11/2001	09:26:43	0013.2	0009.8	0008.6	0009.7	000000
19/11/2001	09:31:43	0012.4	0010.4	0010.0	0010.4	000000
19/11/2001	09:36:43	0012.8	0010.5	0009.2	0010.5	000000
19/11/2001	09:41:44	0016.0	0011.6	0009.0	0011.0	000000
19/11/2001	09:46:44	0013.4	0010.1	0009.3	0010.1	000000
19/11/2001	09:51:44	0014.6	0011.1	0010.5	0011.1	000000
19/11/2001	09:56:44	0018.2	0014.8	0010.3	0011.6	000000
19/11/2001	10:01:44	0018.4	0014.7	0010.2	0011.5	000000
19/11/2001	10:06:44	0018.8	0015.9	0010.3	0011.4	000000
19/11/2001	10:11:44	0020.0	0016.5	0010.9	0011.1	000000
19/11/2001	10:16:44	0019.8	0016.3	0010.3	0010.9	000000
19/11/2001	10:21:44	0017.6	0015.8	0010.3	0011.5	000000
19/11/2001	10:26:44	0017.6	0015.6	0009.7	0011.4	000000
19/11/2001	10:31:44	0016.8	0014.5	0010.3	0010.6	000000
19/11/2001	10:36:44	0021.4	0016.7	0010.6	0011.2	000000
19/11/2001	10:41:45	0018.8	0016.3	0011.2	0011.4	000000
19/11/2001	10:46:44	0018.2	0015.9	0011.7	0011.7	000000
19/11/2001	10:51:45	0017.6	0015.5	0011.0	0011.8	000000
19/11/2001	10:56:44	0018.4	0016.0	0010.0	0011.8	000000
19/11/2001	11:01:45	0018.6	0015.7	0009.8	0011.2	000000
19/11/2001	11:06:45	0017.8	0015.9	0010.6	0010.9	000000
19/11/2001	11:11:44	0018.6	0016.7	0010.3	0011.8	000000
19/11/2001	11:16:45	0019.2	0016.9	0010.7	0011.4	000000
19/11/2001	11:21:44	0017.8	0016.2	0010.9	0011.2	000000
19/11/2001	11:26:45	0016.0	0013.8	0011.0	0011.9	000000
19/11/2001	11:31:46	0014.8	0012.0	0010.2	0012.0	000000
19/11/2001	11:36:46	0013.8	0011.9	0010.6	0011.8	000000
19/11/2001	11:41:45	0014.2	0011.2	0010.6	0011.2	000000
19/11/2001	11:46:47	0012.8	0011.1	0009.3	0011.1	000000
19/11/2001	11:51:46	0013.4	0010.6	0009.5	0010.6	000000
19/11/2001	11:56:46	0012.6	0010.1	0008.9	0010.2	000000
19/11/2001	12:01:47	0011.8	0009.3	0008.5	0009.3	000000
19/11/2001	12:06:46	0012.0	0008.9	0008.1	0008.9	000000
19/11/2001	12:11:47	0010.8	0008.8	0007.4	0008.8	000000
19/11/2001	12:16:47	0010.4	0008.5	0007.6	0008.5	000000
19/11/2001	12:21:47	0009.8	0008.2	0007.3	0008.2	000000
19/11/2001	12:26:48	0010.4	0008.4	0007.3	0008.4	000000
19/11/2001	12:31:47	0011.6	0008.6	0007.2	0008.7	000000
19/11/2001	12:36:48	0011.4	0008.7	0007.3	0008.7	000000
19/11/2001	12:41:48	0011.0	0009.5	0008.6	0009.5	000000
19/11/2001	12:46:48	0012.0	0009.7	0008.9	0009.7	000000
19/11/2001	12:51:48	0011.2	0009.3	0009.1	0009.3	000000

19/11/2001	12:56:49	0011.6	0009.4	0008.4	0009.4	000000
19/11/2001	13:01:49	0011.8	0009.6	0007.9	0009.6	000000
19/11/2001	13:06:48	0012.0	0008.8	0008.4	0008.8	000000
19/11/2001	13:11:48	0011.4	0009.1	0009.1	0009.1	000000
19/11/2001	13:16:49	0011.6	0009.6	0008.3	0009.5	000000
19/11/2001	13:21:49	0011.4	0008.9	0007.9	0008.9	000000
19/11/2001	13:26:49	0012.2	0009.4	0009.2	0009.4	000000
19/11/2001	13:31:49	0011.0	0009.8	0009.1	0009.9	000000
19/11/2001	13:36:49	0013.0	0010.0	0009.1	0010.0	000000
19/11/2001	13:41:49	0012.6	0010.0	0009.8	0009.9	000000
19/11/2001	13:46:48	0012.8	0010.4	0009.8	0010.4	000000
19/11/2001	13:51:49	0013.4	0010.9	0009.8	0010.8	000000
19/11/2001	13:56:49	0012.2	0009.9	0009.3	0009.9	000000
19/11/2001	14:01:50	0012.6	0010.4	0009.6	0010.4	000000
19/11/2001	14:06:50	0012.4	0010.4	0008.8	0010.4	000000
19/11/2001	14:11:49	0012.4	0010.4	0009.2	0010.4	000000
19/11/2001	14:16:49	0012.4	0010.7	0009.8	0010.6	000000
19/11/2001	14:21:49	0013.4	0010.6	0009.7	0010.6	000000
19/11/2001	14:26:49	0013.6	0011.0	0009.8	0011.0	000000
19/11/2001	14:31:50	0012.0	0010.2	0008.4	0010.2	000000
19/11/2001	14:36:51	0014.2	0010.3	0008.3	0010.3	000000
19/11/2001	14:41:50	0011.4	0009.2	0008.5	0009.2	000000
19/11/2001	14:46:51	0014.8	0010.4	0010.3	0010.4	000000
19/11/2001	14:51:51	0011.6	0010.2	0008.8	0010.2	000000
19/11/2001	14:56:51	0012.2	0010.1	0009.7	0010.1	000000
19/11/2001	15:01:51	0014.6	0010.2	0009.8	0010.1	000000
19/11/2001	15:06:51	0013.2	0010.6	0008.7	0010.6	000000
19/11/2001	15:11:50	0013.4	0010.4	0010.4	0010.4	000000
19/11/2001	15:16:52	0012.2	0011.1	0008.6	0011.1	000000
19/11/2001	15:21:52	0012.2	0010.0	0009.6	0010.0	000000
19/11/2001	15:26:52	0011.8	0010.1	0008.9	0010.1	000000
19/11/2001	15:31:51	0012.0	0009.7	0008.1	0009.7	000000
19/11/2001	15:36:51	0012.6	0010.2	0009.0	0010.2	000000
19/11/2001	15:41:51	0012.6	0010.1	0009.6	0010.1	000000
19/11/2001	15:46:52	0013.4	0010.3	0009.9	0010.4	000000
19/11/2001	15:51:53	0012.4	0010.6	0009.4	0010.6	000000
19/11/2001	15:56:52	0011.8	0009.7	0008.5	0009.7	000000
19/11/2001	16:01:52	0011.0	0009.1	0008.1	0009.1	000000
19/11/2001	16:06:52	0012.4	0010.2	0008.7	0010.2	000000
19/11/2001	16:11:52	0011.4	0009.9	0009.0	0009.9	000000
19/11/2001	16:16:52	0012.2	0009.3	0009.2	0009.2	000000
19/11/2001	16:21:52	0012.0	0009.6	0008.3	0009.6	000000
19/11/2001	16:26:53	0011.6	0009.1	0008.7	0009.1	000000
19/11/2001	16:31:52	0012.2	0009.2	0008.7	0009.1	000000
19/11/2001	16:36:52	0012.2	0009.7	0008.6	0009.7	000000
19/11/2001	16:41:53	0015.8	0012.2	0012.2	0012.2	000000
19/11/2001	16:46:53	0026.0	0021.9	0021.2	0021.9	000000
19/11/2001	16:51:53	0030.0	0024.2	0023.2	0024.2	000000
19/11/2001	16:56:53	0032.2	0026.7	0024.7	0026.7	000000
19/11/2001	16:47:16	0029.6	0026.1	0024.0	0026.1	000000
19/11/2001	16:52:16	0029.6	0026.4	0024.1	0026.4	000000
19/11/2001	16:57:16	0032.6	0028.2	0026.9	0028.2	000000
19/11/2001	17:02:17	0033.6	0028.4	0026.5	0028.2	000000
19/11/2001	16:53:53	0038.0	0029.6	0009.8	0029.6	000000
19/11/2001	16:58:53	0030.6	0026.3	0009.6	0010.2	000000
19/11/2001	17:03:54	0029.4	0026.2	0009.1	0010.7	000000
19/11/2001	17:08:54	0030.4	0026.4	0011.4	0011.4	000000

19/11/2001	17:13:55	0025.2	0023.9	0011.6	0011.9	000000
19/11/2001	17:18:55	0014.6	0012.5	0010.3	0011.9	000000
19/11/2001	17:23:55	0012.2	0010.5	0008.3	0010.5	000000
19/11/2001	17:28:55	0012.6	0008.9	0008.1	0008.9	000000
19/11/2001	17:33:55	0010.2	0008.4	0007.0	0008.4	000000
19/11/2001	17:38:56	0009.0	0007.2	0006.5	0007.2	000000
19/11/2001	17:43:57	0010.2	0007.6	0007.3	0007.6	000000
19/11/2001	17:48:57	0010.0	0007.6	0007.0	0007.6	000000
19/11/2001	17:53:57	0011.0	0008.0	0007.5	0008.0	000000
19/11/2001	17:58:57	0009.4	0007.4	0006.3	0007.4	000000
19/11/2001	18:03:58	0008.2	0006.6	0005.8	0006.7	000000
19/11/2001	18:08:58	0009.4	0006.6	0006.5	0006.6	000000
19/11/2001	18:13:58	0008.8	0006.9	0006.0	0006.9	000000
19/11/2001	18:18:58	0009.0	0007.3	0006.0	0007.2	000000
19/11/2001	18:23:59	0009.0	0007.0	0006.2	0007.0	000000
19/11/2001	18:28:59	0010.0	0006.7	0006.5	0006.7	000000
19/11/2001	18:33:59	0009.0	0006.7	0006.3	0006.7	000000
19/11/2001	18:38:59	0009.0	0006.8	0006.0	0006.8	000000
19/11/2001	18:43:59	0009.6	0006.6	0006.3	0006.6	000000
19/11/2001	18:49:00	0008.4	0006.6	0006.2	0006.6	000000
19/11/2001	18:54:00	0009.0	0006.7	0006.0	0006.7	000000
19/11/2001	18:59:00	0009.0	0006.9	0006.3	0006.9	000000
19/11/2001	19:04:01	0007.8	0006.6	0005.9	0006.6	000000
19/11/2001	19:09:02	0009.0	0006.2	0005.3	0006.1	000000
19/11/2001	19:14:02	0008.0	0006.1	0005.2	0006.1	000000
19/11/2001	19:19:03	0008.4	0006.1	0005.3	0006.1	000000
19/11/2001	19:24:03	0008.0	0006.1	0005.2	0006.1	000000
19/11/2001	19:29:03	0008.6	0006.6	0005.6	0006.6	000000
19/11/2001	19:34:04	0007.6	0005.8	0005.0	0005.8	000000
19/11/2001	19:39:04	0007.6	0006.4	0005.3	0006.4	000000
19/11/2001	19:44:04	0007.6	0005.9	0005.1	0005.9	000000
19/11/2001	19:49:05	0007.2	0005.9	0005.7	0005.9	000000
19/11/2001	19:54:05	0009.0	0006.2	0005.9	0006.2	000000
19/11/2001	19:59:05	0007.6	0006.0	0005.3	0006.0	000000
19/11/2001	20:04:05	0007.2	0005.7	0005.3	0005.7	000000
19/11/2001	20:09:06	0007.8	0006.3	0005.4	0006.3	000000
19/11/2001	20:14:06	0008.0	0006.2	0006.0	0006.2	000000
19/11/2001	20:19:06	0008.2	0006.4	0005.4	0006.4	000000
19/11/2001	20:24:06	0008.6	0006.4	0006.0	0006.4	000000
19/11/2001	20:29:07	0007.6	0006.0	0005.3	0006.0	000000
19/11/2001	20:34:07	0009.4	0006.2	0005.0	0006.2	000000
19/11/2001	20:39:07	0008.0	0006.1	0005.3	0006.1	000000
19/11/2001	20:44:07	0006.8	0005.3	0004.0	0005.3	000000
19/11/2001	20:49:08	0006.0	0004.6	0004.5	0004.6	000000
19/11/2001	20:54:08	0006.4	0004.8	0004.0	0004.8	000000
19/11/2001	20:59:09	0005.8	0004.5	0003.7	0004.5	000000
19/11/2001	21:04:09	0006.0	0004.1	0003.9	0004.1	000000
19/11/2001	21:09:09	0005.4	0004.3	0003.6	0004.3	000000
19/11/2001	21:14:10	0004.8	0003.7	0003.6	0003.7	000000
19/11/2001	21:19:10	0006.0	0004.2	0003.1	0004.2	000000
19/11/2001	21:24:11	0005.8	0004.4	0003.5	0004.4	000000
19/11/2001	21:29:11	0005.4	0003.9	0003.2	0003.9	000000
19/11/2001	21:34:12	0006.6	0003.9	0003.2	0003.9	000000
19/11/2001	21:39:12	0004.4	0003.8	0003.0	0003.8	000000
19/11/2001	21:44:13	0004.8	0003.3	0002.3	0003.3	000000
19/11/2001	21:49:14	0005.0	0003.3	0003.3	0003.3	000000
19/11/2001	21:54:14	0004.8	0003.2	0002.2	0003.2	000000

19/11/2001	21:59:15	0004.8	0002.7	0002.0	0002.7	000000
19/11/2001	22:04:16	0003.6	0002.7	0001.9	0002.7	000000
19/11/2001	22:09:17	0004.0	0002.9	0002.5	0002.8	000000
19/11/2001	22:14:17	0004.0	0002.8	0002.5	0002.8	000000
19/11/2001	22:19:18	0004.2	0002.5	0002.2	0002.5	000000
19/11/2001	22:24:19	0003.4	0002.2	0001.7	0002.2	000000
19/11/2001	22:29:20	0003.0	0001.9	0001.5	0001.9	000000
19/11/2001	22:34:20	0003.4	0001.9	0001.4	0001.9	000000
19/11/2001	22:39:22	0002.6	0001.5	0001.5	0001.5	000000
19/11/2001	22:44:22	0002.8	0001.8	0001.3	0001.8	000000
19/11/2001	22:49:23	0002.6	0001.7	0001.6	0001.7	000000
19/11/2001	22:54:24	0002.2	0001.5	0001.5	0001.5	000000
19/11/2001	22:59:25	0002.0	0001.4	0000.9	0001.4	000000
19/11/2001	23:04:26	0002.4	0001.2	0000.9	0001.2	000000
19/11/2001	23:09:27	0002.4	0001.1	0001.0	0001.1	000000
19/11/2001	23:14:28	0002.0	0001.2	0001.0	0001.2	000000
19/11/2001	23:19:29	0001.6	0001.0	0000.8	0001.0	000000
19/11/2001	23:24:29	0001.8	0001.0	0000.9	0001.0	000000
19/11/2001	23:29:29	0001.8	0000.9	0000.9	0000.9	000000
19/11/2001	23:34:30	0001.6	0000.9	0000.7	0000.9	000000
19/11/2001	23:39:30	0001.8	0000.7	0000.7	0000.7	000000
19/11/2001	23:44:31	0001.4	0000.7	0000.6	0000.7	000000
19/11/2001	23:49:32	0001.8	0000.7	0000.6	0000.7	000000
19/11/2001	23:54:32	0001.2	0000.6	0000.3	0000.6	000000
19/11/2001	23:59:33	0001.4	0000.7	0000.2	0000.7	000000

### Anexo C – Modelo de Desempenho no Arena





Tempo Sistema	50.336	(Corr)	24.764	352.85	69208
Filtros_R_Q Queue Time	.00000	.00000	.00000	.00000	69734

## DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
CanaisURA_R Available	1080.0	(Insuf)	1080.0	1080.0	1080.0
# in CanaisURA_R_Q	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
# in Troncos_R_Q	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Troncos_R Available	1560.0	(Insuf)	1560.0	1560.0	1560.0
Filtros_R Available	208.00	(Insuf)	208.00	208.00	208.00
# in Filtros_R_Q	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
PAs_R Busy	494.16	(Corr)	.00000	643.00	358.00
# in PAs_R_Q	141.91	(Corr)	.00000	352.00	.00000
CanaisURA_R Busy	426.57	(Corr)	.00000	625.00	300.00
Troncos_R Busy	1107.1	(Corr)	.00000	1560.0	690.00
Filtros_R Busy	114.11	(Corr)	.00000	202.00	76.000
PAs_R Available	643.00	(Insuf)	643.00	643.00	643.00

Beginning replication 3 of 4

ARENA Simulation Results  
 Marcus - License #9500000

Summary for Replication 3 of 4

Project: AXS 20 Sipt Tele	Run execution date : 1/ 1/2002
Analyst: Marcus Vinicius	Model revision date: 26/12/2001

Replication ended at time : 4020.0

## TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
PAs_R_Q Queue Time	7.5788	(Corr)	.00000	14.580	74067
CanaisURA_R_Q Queue Ti	.00000	.00000	.00000	.00000	66555
Troncos_R_Q Queue Time	.00000	.00000	.00000	.00000	70115
Tempo Sistema	50.142	(Corr)	24.749	369.55	69621
Filtros_R_Q Queue Time	.00000	.00000	.00000	.00000	70115

## DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
CanaisURA_R Available	1080.0	(Insuf)	1080.0	1080.0	1080.0
# in CanaisURA_R_Q	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
# in Troncos_R_Q	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Troncos_R Available	1560.0	(Insuf)	1560.0	1560.0	1560.0
Filtros_R Available	208.00	(Insuf)	208.00	208.00	208.00
# in Filtros_R_Q	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
PAs_R Busy	494.88	(Corr)	.00000	643.00	336.00
# in PAs_R_Q	139.63	(Corr)	.00000	349.00	.00000
CanaisURA_R Busy	431.35	(Corr)	.00000	653.00	302.00
Troncos_R Busy	1110.3	(Corr)	.00000	1560.0	660.00
Filtros_R Busy	116.27	(Corr)	.00000	195.00	73.000
PAs_R Available	643.00	(Insuf)	643.00	643.00	643.00

Beginning replication 4 of 4





### Anexo E – Tabela dos Resultados do Projeto de Experimento Fatorial 2<sup>k</sup>

Troncos	Filtros	URA	PAS	Replic	Tempo
-1	-1	-1	-1	1	51,576
-1	-1	-1	-1	2	51,330
-1	-1	-1	-1	3	51,443
-1	-1	-1	-1	4	51,414
-1	-1	-1	1	1	42,310
-1	-1	-1	1	2	42,224
-1	-1	-1	1	3	42,164
-1	-1	-1	1	4	42,221
-1	-1	1	-1	1	51,576
-1	-1	1	-1	2	51,330
-1	-1	1	-1	3	51,443
-1	-1	1	-1	4	51,414
-1	-1	1	1	1	42,310
-1	-1	1	1	2	42,224
-1	-1	1	1	3	42,164
-1	-1	1	1	4	42,221
-1	1	-1	-1	1	51,576
-1	1	-1	-1	2	51,330
-1	1	-1	-1	3	51,443
-1	1	-1	-1	4	51,414
-1	1	-1	1	1	42,185
-1	1	-1	1	2	42,213
-1	1	-1	1	3	42,044
-1	1	-1	1	4	42,240
-1	1	1	-1	1	51,576
-1	1	1	-1	2	51,330
-1	1	1	-1	3	51,443
-1	1	1	-1	4	51,414
-1	1	1	1	1	42,185
-1	1	1	1	2	42,213
-1	1	1	1	3	42,044
-1	1	1	1	4	42,240
1	-1	-1	-1	1	66,869
1	-1	-1	-1	2	66,594
1	-1	-1	-1	3	66,809
1	-1	-1	-1	4	66,575
1	-1	-1	1	1	50,229
1	-1	-1	1	2	49,951
1	-1	-1	1	3	49,930
1	-1	-1	1	4	49,622
1	-1	1	-1	1	66,869
1	-1	1	-1	2	66,594
1	-1	1	-1	3	66,809
1	-1	1	-1	4	66,575
1	-1	1	1	1	50,229
1	-1	1	1	2	49,951
1	-1	1	1	3	49,930
1	-1	1	1	4	49,622
1	1	-1	-1	1	66,869
1	1	-1	-1	2	66,881
1	1	-1	-1	3	66,535
1	1	-1	-1	4	66,809
1	1	-1	1	1	49,419
1	1	-1	1	2	49,408
1	1	-1	1	3	49,399
1	1	-1	1	4	49,051
1	1	1	-1	1	66,869
1	1	1	-1	2	66,881
1	1	1	-1	3	66,535
1	1	1	-1	4	66,809
1	1	1	1	1	49,419
1	1	1	1	2	49,408
1	1	1	1	3	49,399
1	1	1	1	4	49,051

## Anexo F – Tabela dos Resultados do Projeto de Experimento Central Composto

Número	Replicat	Troncos	PA's	Tempo
1	1	-1	-1	51,432
2	1	-1	1	42,146
3	1	1	-1	66,354
4	1	1	1	49,615
5	1	-1,414214	0	42,216
6	1	1,41421	0	59,444
7	1	0	-1,414214	63,639
8	1	0	1,41421	42,090
9 (C)	1	0	0	50,216
10 (C)	1	0	0	50,343
11	2	-1	-1	51,333
12	2	-1	1	42,044
13	2	1	-1	66,522
14	2	1	1	49,159
15	2	-1,414214	0	42,033
16	2	1,41421	0	59,748
17	2	0	-1,414214	63,373
18	2	0	1,41421	41,980
19 (C)	2	0	0	50,298
20 (C)	2	0	0	50,321
21	3	-1	-1	51,521
22	3	-1	1	42,124
23	3	1	-1	66,547
24	3	1	1	49,420
25	3	-1,414214	0	42,079
26	3	1,41421	0	59,608
27	3	0	-1,414214	63,735
28	3	0	1,41421	42,373
29 (C)	3	0	0	50,257
30 (C)	3	0	0	50,580
31	4	-1	-1	51,448
32	4	-1	1	42,014
33	4	1	-1	66,916
34	4	1	1	49,293
35	4	-1,414214	0	41,974
36	4	1,41421	0	59,331
37	4	0	-1,414214	63,550
38	4	0	1,41421	42,061
39 (C)	4	0	0	50,206
40 (C)	4	0	0	50,374

## Anexo G – Relatório de Saída do Statistica e Gráficos do Projeto de Experimento Fatorial 2<sup>k</sup> (k = 4)

DESIGN SUMMARY (standard design) : 2\*\*(4-0), Resolution R=FULL  
 Number of factors (independent variables): 4  
 Number of runs (standard experiment): 16  
 Total number of runs in experiment: 64  
 Number of blocks: 1  
 Fractional replications: Full factorial  
 Number of replications: 3

STAT. ANOVA; Var.:TEMPO; R-sqr=,99972; Adj: ,99967					
EXPERIM. 2**(4-0) design; MS Residual=,0268885					
DESIGN DV: TEMPO					
Factor	SS	Df	MS	F	P
(1) TRONCOS	2066,225*	1*	2066,225*	76844,1*	0,000000*
(2) FILTROS	,374*	1*	,374*	13,9*	,000471*
(3) URA	0,000	1	0,000	0,0	1,0000000
(4) PAS	2778,792*	1*	2778,792*	103344,9*	0,000000*
1 by 2	,243*	1*	,243*	9,0*	,004051*
1 by 3	0,000	1	0,000	0,0	1,000000
1 by 4	248,118*	1*	248,118*	9227,6*	0,000000*
2 by 3	0,000	1	0,000	0,0	1,000000
2 by 4	,540*	1*	,540*	20,1*	,000040*
3 by 4	0,000	1	0,000	0,0	1,000000
Error	1,425	53	,027		
Total SS	5095,716	63			

STAT. Effect Estimates; Var.:TEMPO; R-sqr=,99972; Adj: ,99967						
EXPERIM. 2**(4-0) design; MS Residual=,0268885						
DESIGN DV: TEMPO						
Factor	Effect	Std.Err.	t(53)	P	-95, % Cnf.Limt	+95, % Cnf.Limt
Mean/Interc.	52,5024*	,020497*	2561,449*	0,000000*	52,4613*	52,5435*
(1) TRONCOS	11,3639*	,040994*	277,208*	0,000000*	11,2817*	11,4462*
(2) FILTROS	-,1528*	,040994*	-3,728*	,000471*	-,2350*	-,0706*
(3) URA	0,0000	,040994	0,000	1,0000000	-,0822	,0822
(4) PAS	-13,1786*	,040994*	-321,473*	0,000000*	-13,2608*	-13,0963*
1 by 2	-,1232*	,040994*	-3,005*	,004051*	-,2054*	-,0410*
1 by 3	0,0000	,040994	0,000	1,000000	-,0822	,0822
1 by 4	-3,9379*	,040994*	-96,061*	0,000000*	-4,0202*	-3,8557*
2 by 3	0,0000	,040994	0,000	1,000000	-,0822	,0822
2 by 4	-,1837*	,040994*	-4,481*	,000040*	-,2659*	-,1015*
3 by 4	0,0000	,040994	0,000	1,000000	-,0822	,0822

STAT. Effect Estimates; Var.:TEMPO; R-sqr=,99972; Adj: ,99967				
EXPERIM. 2**(4-0) design; MS Residual=,0268885				
DESIGN DV: TEMPO				
Factor	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95, % Cnf.Limt	+95, % Cnf.Limt
Mean/Interc.	52,50241*	,020497*	52,46129*	52,54352*
(1) TRONCOS	5,68197*	,020497*	5,64086*	5,72308*
(2) FILTROS	-,07641*	,020497*	-,11752*	-,03529*
(3) URA	0,00000	,020497	-,04111	,04111
(4) PAS	-6,58928*	,020497*	-6,63039*	-6,54817*
1 by 2	-,06159*	,020497*	-,10271*	-,02048*
1 by 3	0,00000	,020497	-,04111	,04111
1 by 4	-1,96897*	,020497*	-2,01008*	-1,92786*
2 by 3	0,00000	,020497	-,04111	,04111
2 by 4	-,09184*	,020497*	-,13296*	-,05073*
3 by 4	0,00000	,020497	-,04111	,04111

## STATISTICA: Experimental Design

STAT. EXPERIM. DESIGN						
Regr. Coefficients; Var.:TEMPO; R-sqr=,99972; Adj: ,99967 2**(4-0) design; MS Residual=,0268885 DV: TEMPO						
Factor	Regressn Coeff.	Std.Err.	t(53)	P	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	52,50241*	,020497*	2561,449*	0,000000*	52,46129*	52,54352*
(1) TRONCOS	5,68197*	,020497*	277,208*	0,000000*	5,64086*	5,72308*
(2) FILTROS	-,07641*	,020497*	-3,728*	,000471*	-,11752*	-,03529*
(3) URA	0,00000	,020497	0,000	1,0000000	-,04111	,04111
(4) PAS	-6,58928*	,020497*	-321,473*	0,000000*	-6,63039*	-6,54817*
1 by 2	-,06159*	,020497*	-3,005*	,004051*	-,10271*	-,02048*
1 by 3	0,00000	,020497	0,000	1,000000	-,04111	,04111
1 by 4	-1,96897*	,020497*	-96,061*	0,000000*	-2,01008*	-1,92786*
2 by 3	0,00000	,020497	0,000	1,000000	-,04111	,04111
2 by 4	-,09184*	,020497*	-4,481*	,000040*	-,13296*	-,05073*
3 by 4	0,00000	,020497	0,000	1,000000	-,04111	,04111

STAT. EXPERIM. DESIGN						
Effect Estimates; Var.:TEMPO; R-sqr=,99972; Adj: ,99967 2**(4-0) design; MS Residual=,0268885 DV: TEMPO						
Factor	Effect	Std.Err.	t(53)	P	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	52,5024*	,020497*	2561,449*	0,000000*	52,4613*	52,5435*
(1) TRONCOS	11,3639*	,040994*	277,208*	0,000000*	11,2817*	11,4462*
(2) FILTROS	-,1528*	,040994*	-3,728*	,000471*	-,2350*	-,0706*
(3) URA	0,0000	,040994	0,000	1,0000000	-,0822	,0822
(4) PAS	-13,1786*	,040994*	-321,473*	0,000000*	-13,2608*	-13,0963*
1 by 2	-,1232*	,040994*	-3,005*	,004051*	-,2054*	-,0410*
1 by 3	0,0000	,040994	0,000	1,000000	-,0822	,0822
1 by 4	-3,9379*	,040994*	-96,061*	0,000000*	-4,0202*	-3,8557*
2 by 3	0,0000	,040994	0,000	1,000000	-,0822	,0822
2 by 4	-,1837*	,040994*	-4,481*	,000040*	-,2659*	-,1015*
3 by 4	0,0000	,040994	0,000	1,000000	-,0822	,0822

STAT. EXPERIM. DESIGN					
Effect Estimates; Var.:TEMPO; R-sqr=,99972; Adj: ,99967 2**(4-0) design; MS Residual=,0268885 DV: TEMPO					
Factor	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt	
Mean/Interc.	52,50241*	,020497*	52,46129*	52,54352*	
(1) TRONCOS	5,68197*	,020497*	5,64086*	5,72308*	
(2) FILTROS	-,07641*	,020497*	-,11752*	-,03529*	
(3) URA	0,00000	,020497	-,04111	,04111	
(4) PAS	-6,58928*	,020497*	-6,63039*	-6,54817*	
1 by 2	-,06159*	,020497*	-,10271*	-,02048*	
1 by 3	0,00000	,020497	-,04111	,04111	
1 by 4	-1,96897*	,020497*	-2,01008*	-1,92786*	
2 by 3	0,00000	,020497	-,04111	,04111	
2 by 4	-,09184*	,020497*	-,13296*	-,05073*	
3 by 4	0,00000	,020497	-,04111	,04111	

STATISTICA: Experimental Design

Data file: DadosStatistica.STA [ 64 cases with 6 variables ]

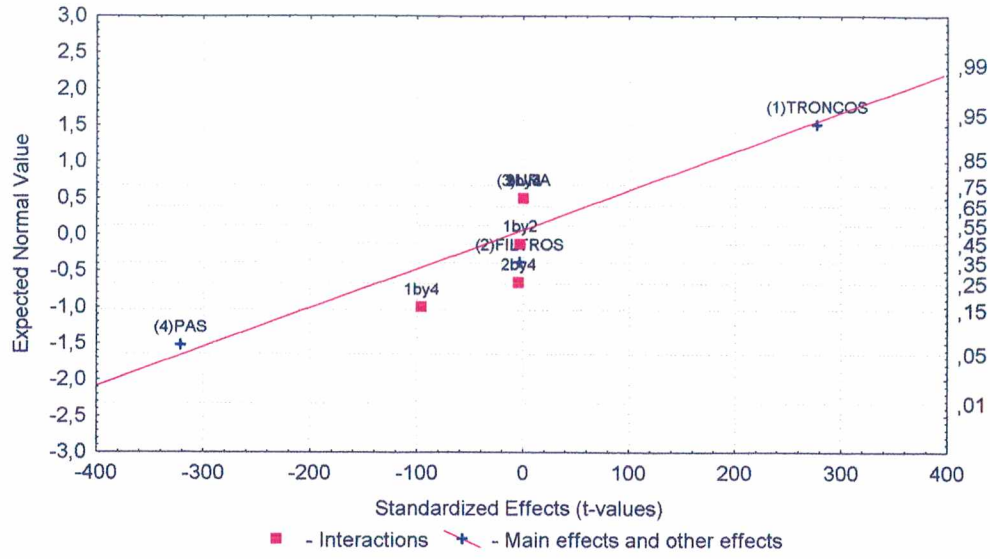
VARIABLES:

1: TRONCOS -9999  
 2: FILTROS -9999  
 3: URA -9999  
 4: PAS -9999  
 6: TEMPO -9999

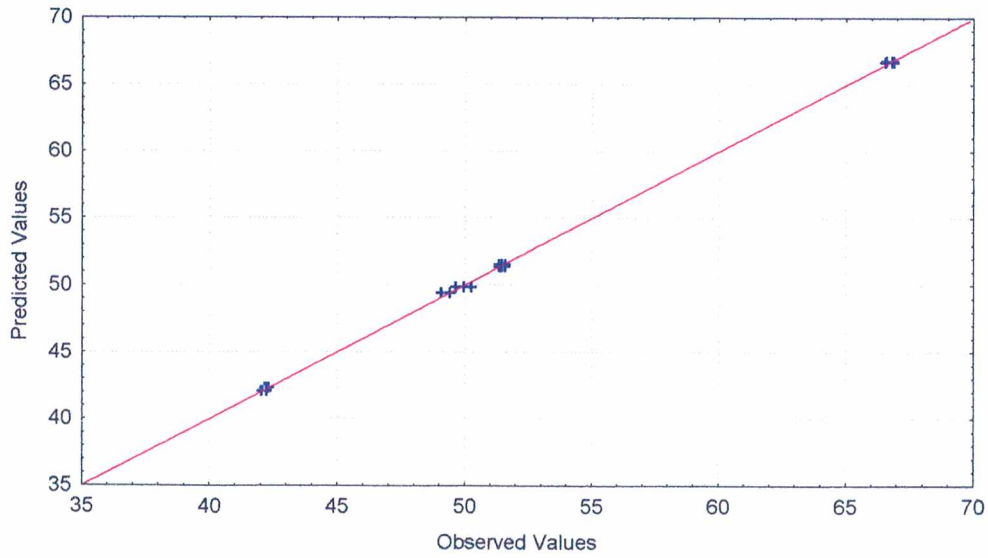
DESIGN SUMMARY (standard design): 2\*\*(4-0), Resolution R=FULL  
 Number of factors (independent variables): 4  
 Number of runs (standard experiment): 16  
 Total number of runs in experiment: 64  
 Number of blocks: 1  
 Fractional replications: Full factorial  
 Number of replications: 3

STAT. Effect Estimates; Var.:TEMPO; R-sqr=,99972; Adj:,99967				
EXPERIM. 2**(4-0) design; MS Residual=,0268885				
DESIGN DV: TEMPO				
Factor	Effect	Std.Err.	t(53)	P
Mean/Interc.	52,5024*	,020497*	2561,449*	0,000000*
(1) TRONCOS	11,3639*	,040994*	277,208*	0,000000*
(2) FILTROS	-,1528*	,040994*	-3,728*	,000471*
(3) URA	0,0000	,040994	0,000	1,0000000
(4) PAS	-13,1786*	,040994*	-321,473*	0,000000*
1 by 2	-,1232*	,040994*	-3,005*	,004051*
1 by 3	0,0000	,040994	0,000	1,000000
1 by 4	-3,9379*	,040994*	-96,061*	0,000000*
2 by 3	0,0000	,040994	0,000	1,000000
2 by 4	-,1837*	,040994*	-4,481*	,000040*
3 by 4	0,0000	,040994	0,000	1,000000

Probability Plot; Var.:TEMPO; R-sqr=,99972; Adj:,99967  
 2\*\*(4-0) design; MS Residual=,0268885  
 DV: TEMPO



Observed vs. Predicted Values  
 2\*\*(4-0) design; MS Residual=,0268885  
 DV: TEMPO



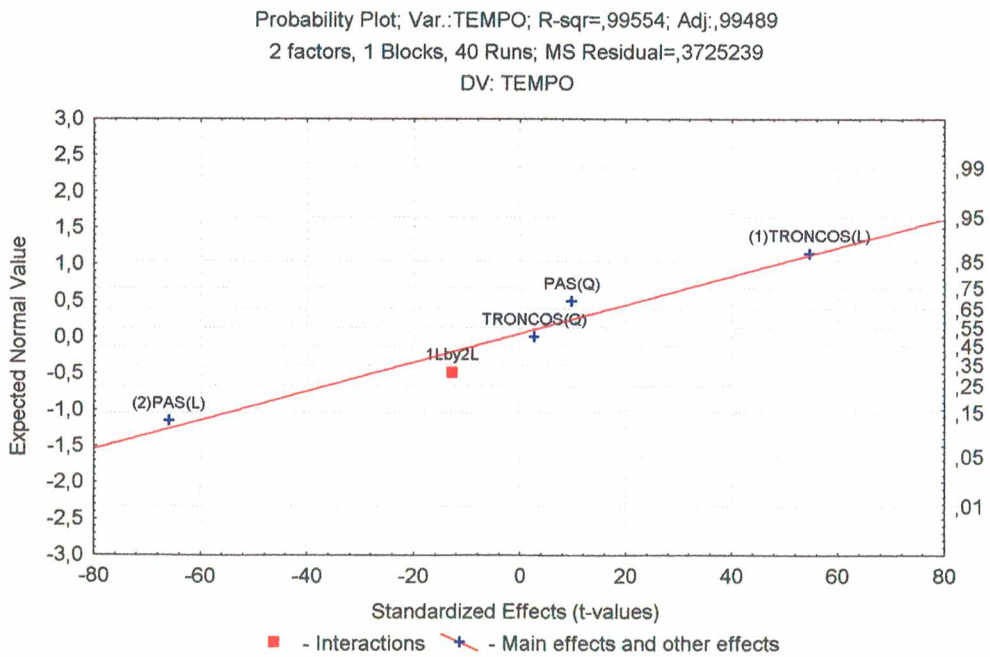
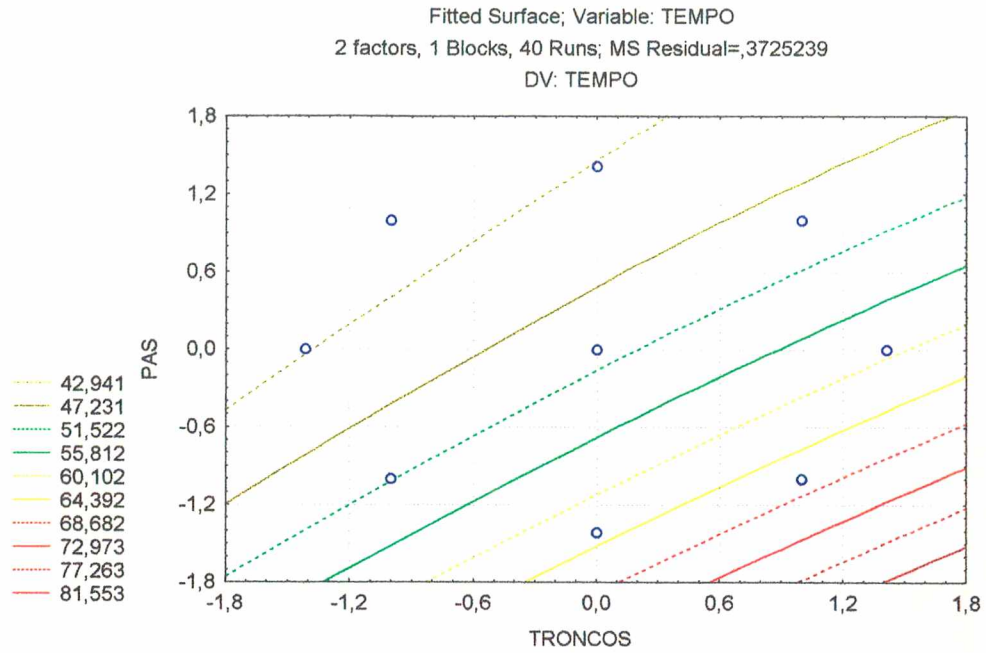
## Anexo H – Relatório de Saída do Statística e Gráficos do Projeto de Experimento Central Composto

STAT. EXPERIM. DESIGN	ANOVA; Var.:TEMPO; R-sqr=,99554; Adj: ,99489 2 factors, 1 Blocks, 40 Runs; MS Residual=,3725239 DV: TEMPO				
Factor	SS	Df	MS	F	P
(1) TRONCOS (L)	1110,585*	1*	1110,585*	2981,243*	0,000000*
TRONCOS (Q)	2,573*	1*	2,573*	6,906*	,012797*
(2) PAS (L)	1618,629*	1*	1618,629*	4345,033*	0,000000*
PAS (Q)	35,742*	1*	35,742*	95,947*	,000000*
1L by 2L	61,803*	1*	61,803*	165,904*	,000000*
Error	12,666	34	,373		
Total SS	2840,550	39			

STAT. EXPERIM. DESIGN	Effect Estimates; Var.:TEMPO; R-sqr=,99554; Adj: ,99489 2 factors, 1 Blocks, 40 Runs; MS Residual=,3725239 DV: TEMPO					
Factor	Effect	Std.Err.	t(34)	P	-95, % Cnf.Limt	+95, % Cnf.Limt
Mean/Interc.	50,3244*	,215790*	233,2095*	0,000000*	49,8858*	50,7329*
(1) TRONCOS (L)	11,7823*	,215790*	54,6008*	0,000000*	11,3438*	12,2209*
TRONCOS (Q)	,7502*	,285464*	2,6280*	,012797*	,1701*	1,3303*
(2) PAS (L)	-14,2242*	,215790*	-65,9169*	0,000000*	-14,6658*	-13,7857*
PAS (Q)	2,7962*	,285464*	9,7952*	,000000*	2,2161*	3,3763*
1L by 2L	-3,9308*	,305174*	-12,8804*	,000000*	-4,5509*	-3,3106*

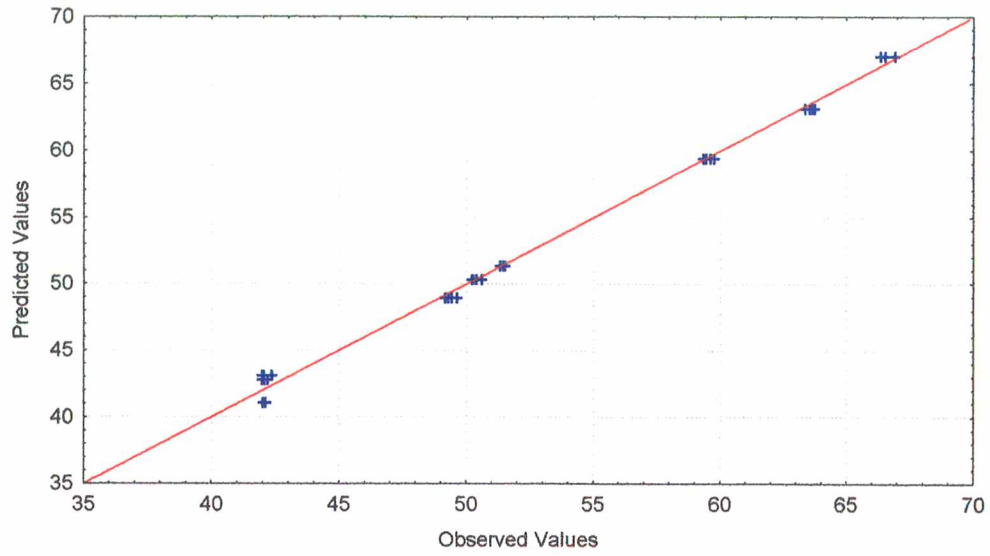
STAT. EXPERIM. DESIGN	Effect Estimates; Var.:TEMPO; R-sqr=,99554; Adj: ,99489 2 factors, 1 Blocks, 40 Runs; MS Residual=,3725239 DV: TEMPO			
Factor	Coeff.	Std.Err.	-95, % Cnf.Limt	+95, % Cnf.Limt
Mean/Interc.	50,32438*	,215790*	49,88584*	50,76291*
(1) TRONCOS (L)	5,89116*	,107895*	5,67189*	6,11043*
TRONCOS (Q)	,37509*	,142732*	,08503*	,66516*
(2) PAS (L)	-7,11211*	,107895*	-7,33138*	-6,89284*
PAS (Q)	1,39809*	,142732*	1,10803*	1,68816*
1L by 2L	-1,96538*	,152587*	-2,27547*	-1,65528*

STAT. EXPERIM. DESIGN	Effect Estimates; Var.:TEMPO; R-sqr=,99554; Adj: ,99489 2 factors, 1 Blocks, 40 Runs; MS Residual=,3725239 DV: TEMPO					
Factor	Effect	Std.Err.	t(34)	P	-95, % Cnf.Limt	+95, % Cnf.Limt
Mean/Interc.	50,32438*	,215790*	233,2095*	0,000000*	49,88584*	50,76291*
(1) TRONCOS (L)	5,89116*	,107895*	54,6008*	0,000000*	5,67189*	6,11043*
TRONCOS (Q)	,37509*	,142732*	2,6280*	,012797*	,08503*	,66516*
(2) PAS (L)	-7,11211*	,107895*	-65,9169*	0,000000*	-7,33138*	-6,89284*
PAS (Q)	1,39809*	,142732*	9,7952*	,000000*	1,10803*	1,68816*
1L by 2L	-1,96538*	,152587*	-12,8804*	,000000*	-2,27547*	-1,65528*

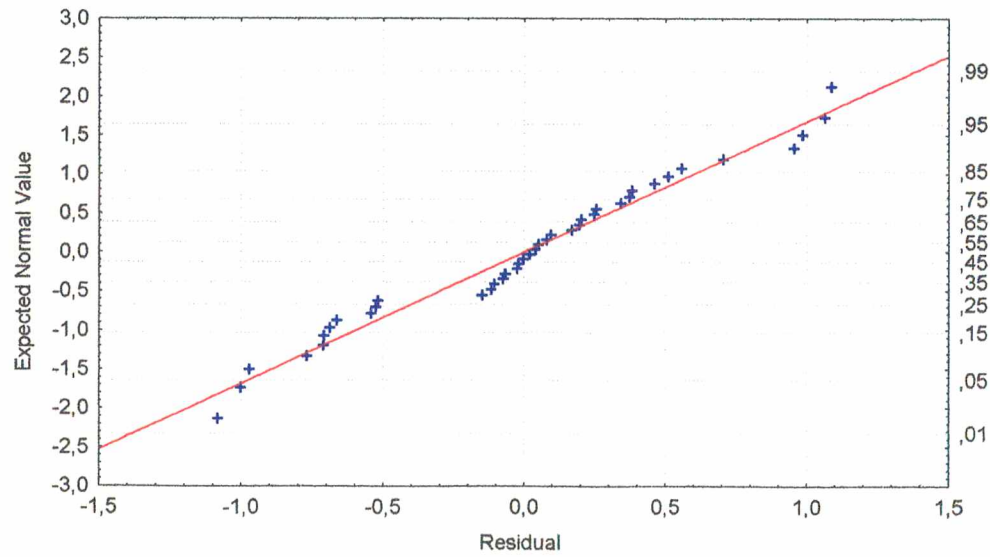




Observed vs. Predicted Values  
 2 factors, 1 Blocks, 40 Runs; MS Residual=,3725239  
 DV: TEMPO



Probability Plot of Residuals  
 2 factors, 1 Blocks, 40 Runs; MS Residual=,3725239  
 DV: TEMPO



## Referências Bibliográficas

BARROS Neto, Benício; SCARMINIO, Ieda Spacino; BRUNS, Roy Edward. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1995.

BROWNING, Tim. **Capacity Planing for Computer Systems**. Cambridge, MA: Academic Press, 1995.

CAI, Xiangrong. **The Performance of TCP Over ATM ABR and UBR Services**. 1998. Disponível em: <<http://www.cis.ohio-state.edu/~jain>>. Acesso em: 20 dez. 2001.

CHOI, Jinsung; SILVESTER, J. A. Simulation of Controlled Queuing Systems and its Application to Optimal Resource Management in Multiservice Cellular Networks. **Journal of the Brazilian Computer Society**, n. 3, v. 5, Apr. 1999.

COSER, Adriano. **Utilização de agentes inteligentes no trabalho colaborativo via internet**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DODD, Anabel Z. **The Essential Guide to Telecommunications**. New Jersey: Prentice Hall PTR, 1998.

FARRELL, Brian L.; MENNINGER, Richard; et al. **Perfomance Testing & Analysis of Distributed Client/Server Database Systems**. CMG24 Conference Papers Friday, Dec. 11, 1998.

FERRARI, Antonio Martins. **Telecomunicações: evolução & revolução**. 4. ed. revisada e ampliada. São Paulo: Érica, 1998.

FERREIRA, Taisa Dias. **Análise da situação de trabalho do supervisor como líder estratégico em call center's**: um estudo de caso numa operadora de telecomunicações. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FONG, Joseph; HUI, Riemman. Application of Middleware in three Tier Client/Server Database Design Methodology. **Journal of the Brazilian Computer Society**, n. 1, v. 6, July 1999.

GONÇALVES, Paulo Roberto Riccioni; SOBRAL, João Bosco Manguera; WESTPHALL, Carlos Becker. **Telecommunication Service Management Implementation using CORBA, Java and Computacional Reflection**. 1999 Symposium on Performance Evaluation of Computer and Telecommunication Systems, July 11-15, 1999.

IBE, Oliver C.; CHOI, Hoon; TRIDEVI, Kishor S. Performance Evaluation of Client-Server Systems. **IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems**, v. 4, n. 11, Nov. 1993.

JAIN, Raj. **The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation and Modeling**. New York: John Wiley & Sons, 1991.

KELTON, David W.; SADOWSKI, Randall P; SADOWSKI, Deborah A. **Simulation with Arena**. Boston: McGraw-Hill, 1998.

LOOSLEY, Chris; DOUGLAS, Frank. **High-Performance Client/Server**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

MEIRA Jr, Wagner; FONSECA, Erik L. S., ALMEIDA, Virgílio A. F., MURTA, Cristina D. Performance Analysis of WWW Cache Proxy Hierarchies. **Journal of the Brazilian Computer Society**, n. 2, v. 5, Nov. 1998.

MENASCÉ, Daniel A. **A Framework for Software Performance Engineering of Client/Server Systems**. CMG97 Conference Papers Wednesday, Dec. 10, 1997.

MENASCÉ, Daniel A.; ALMEIDA, Virgílio A. F.; DOWDY, Larry W. **Capacity Planning and Performance Modeling: From Mainframes to Client-Servers Systems**. New Jersey: Prentice Hall PTR, 1994.

MENASCÉ, Daniel A.; ALMEIDA, Virgílio A. F. **Capacity Planning for Web Performance: Metrics, Models & Methods**. New Jersey: Prentice Hall PTR, 1998.

MERTON, Joseph K. **Evolution of Performance Testing in a Distributed Client Server Environment**. CMG99 Session 3, Dec. 7, 1999.

MONTGOMERY, DOUGLAS C. **Design and Analysis of Experiments**. New York: John Wiley & Sons, 1997.

NORTON, Tim R. **End-To-End Response Time: Where to Measure?** CMG99 Session 2, Dec. 8, 1999.

PARAGON. **Arena: introdução a simulação com arena**. Apostila.

PAZETO, Tatiana Annoni Maia. **Metodologia para planejamento de capacidade de Call Center**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RENAUD, Paul E. **Introdução aos Sistemas Cliente/Servidor: um guia prático para profissionais de sistemas**. Rio de Janeiro: Infobook, 1994.

SCHWEITZER, Alessandra. **Modelo de informação de gerência para a central de comutação AXS/20**. 1996. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SOARES Neto, Vicente; CARVALHO, Francisco Teodoro Assis. **Tecnologia de Centrais Telefônicas**. São Paulo: Érica, 1999.

SOBRAL, Marcelo Maia. **Avaliação de desempenho de redes de gerência TMN**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SCHMIDT, Tânia. **Planejamento de capacidade em provedores de serviços internet**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

STALLINGS, William. **High-Speed Networks: TCP/IP and ATM Design Principles**. New Jersey: Prentice Hall PTR, 1998.

TIRELLI, Edson. **Template TMN: uma ferramenta para a construção de modelos de desempenho para redes de gerência de telecomunicações**. 1999. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.