



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA  
DEPARTAMENTO DE ELETRÔNICA E SISTEMAS

# Aplicações VoIP Utilizando o Teleporto da Rede Metropolitana da Prefeitura Municipal de Manaus

JOÃO GUILHERME DE MORAES SILVA

Dissertação de Mestrado

Recife, abril de 2004



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA  
DEPARTAMENTO DE ELETRÔNICA E SISTEMAS

# Aplicações VoIP Utilizando o Teleporto da Rede Metropolitana da Prefeitura Municipal de Manaus

JOÃO GUILHERME DE MORAES SILVA

Dissertação submetida à avaliação, como  
requisito parcial para a obtenção do  
grau de Mestre em Telecomunicações com  
ênfase em redes de computadores

Recife, abril de 2004



**Universidade Federal de Pernambuco**

**Pós-Graduação em Engenharia Elétrica**

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONALIZANTE DE

**JOÃO GUILHERME DE MORAES SILVA**

TÍTULO

**“APLICAÇÕES VoIP UTILIZANDO O TELEPORTO DA  
REDE METROPOLITANA DA  
PREFEITURA MUNICIPAL DE MANAUS”**

A comissão examinadora composta pelos professores:  
RAFAEL DUEIRE LINS, DES/UFPE, CECÍLIO JOSÉ LINS  
PIMENTEL, DES/UFPE E RICARDO MASSA FERREIRA LIMA,  
Escola Politécnica/UPE sob a presidência do primeiro, consideram o  
candidato **JOÃO GUILHERME DE MORAES SILVA**  
**APROVADO.**

Recife, 07 de abril de 2004.

**RAFAEL DUEIRE LINS**

**CECÍLIO JOSÉ LINS PIMENTEL**

**RICARDO MASSA FERREIRA LIMA**

# Dedicatória

A DEUS que me anima e alimenta, por tudo que somos e por tudo que temos;  
Aos meus queridos pais, Antônio Aflalo da Silva e Maria Celina de Moraes Silva, que me proporcionaram a vida e o exemplo de conduta e honestidade, pela dedicação e pela perseverança em educar e formar homens de bem;

À minha querida esposa Maria Simone Corrêa de Moraes por sua dedicação e paciência incansável, pela compreensão, pelo incentivo e pelo amor;

E às minhas filhas Larissa Corrêa de Moraes e Lorena Corrêa de Moraes, que souberam compreender e me incentivar nesta caminhada. Sem vocês nada na vida teria graça.

# Agradecimentos

Expresso a minha gratidão às pessoas e instituições que tornaram possível este ideal, e em particular:

Ao Instituto de Tecnologia da Amazônia (UTAM) e a Fundação MURAKI, que emprestaram as suas instalações para a realização deste curso;

À Prefeitura Municipal de Manaus (PMM), na pessoa do Prefeito Alfredo Pereira do Nascimento e à Secretaria Municipal de Economia e Finanças (SEMEF), na pessoa do Secretário Aluísio Augusto de Queiroz Braga, pela sua efetiva contribuição para nossa participação no presente curso;

A todos os professores do Curso de Mestrado em Telecomunicações com Ênfase em Rede de Computadores, que com seus exemplos de vida e devotada dedicação profissional contribuíram decisivamente para a minha formação, especialmente ao Professor Rafael Dueire Lins, pela sua contribuição e orientação na elaboração do presente trabalho;

Aos Professores Edjair de Souza Mota e Leandro Silva Galvão de Carvalho, da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), que atuaram neste trabalho como co-orientadores e estiveram sempre abertos a ouvir e apoiar minhas idéias, além de muito acrescentar com suas sugestões, esforços para disponibilizar recursos e revisões, permitindo que meu trabalho se desenvolvesse de forma agradável e amigável;

A todos os meus amigos, colegas e companheiros de jornada, com os quais eu sempre pude contar, em especial ao Jorge Abílio Abnader Neto e à Laura Jane Takahashi Monteiro.

## Resumo

O fenômeno da ampla disseminação da Internet na última década do século XX trouxe a popularização da tecnologia de redes de computadores e de seu protocolo padrão, o TCP/IP. A cada dia, um número maior de aplicações migram para uma solução TCP/IP. A telefonia convencional é uma delas. Hoje os próprios troncos das companhias telefônicas são, na realidade, *backbones* de redes TCP/IP sobre ATM ou *Frame Relay* dedicados exclusivamente ao tráfego de voz, mantendo a qualidade dos serviços oferecidos em face da uniformidade do tráfego.

Dificuldade adicional ganha-se quando se juntam aplicações diversas trafegando dados e voz sobre a mesma infraestrutura de rede. Surge aí o desafio da manutenção da qualidade de serviço, sobretudo para atender as exigências de um tráfego de voz em tempo real. No tema de convergência para o transporte de diversos serviços de comunicações em uma só infra-estrutura de rede, a Voz sobre IP (VoIP) tem um capítulo à parte. Os fabricantes de equipamentos de redes de dados e de telefonia têm proposto diferentes soluções para esse problema de diversas variáveis, entre as quais se destacam custos, qualidade da fala, facilidade de manutenção e escalabilidade. Os conceitos, soluções, protocolos, etc. da telefonia IP são aqui apresentados.

A presente dissertação insere-se, por sua vez, no contexto de necessidade de redução dos custos operacionais da Prefeitura Municipal de Manaus (PMM) com telecomunicações, uma vez que ela já dispende valor fixo com comunicação de dados em sua rede metropolitana. Nosso objetivo é investigar os cenários existentes nos diversos órgãos da PMM e as principais soluções oferecidas pelos fabricantes, a fim de propor solução de convergência de redes mais adaptada à realidade da PMM.

# Abstract

The Internet ample dissemination phenomenon in the last decade of XX century brought the popularization of the network technology and its standard protocol the TCP/IP. The conventional telephony is one of them. Today the proper trunks of the telephonic company, are in the reality, backbones TCP/IP on ATM or frame relay exclusively dedicated to the voice traffic, keeping the services quality offered in face of the traffic uniformity.

Additional difficulty is gained when diverse applications passing through and voice on the same net infrastructure are joined. There appears the challenge of the quality of service maintenance, especially to attend the requirements of a voice traffic in real time. In the subject of convergence to the transport of diverse services of communications at just one net infrastructure, the Voice over IP (VoIP) has a chapter to the part. The data and telephony networks equipment manufacturers have considered different solutions for this problem of diverse variables, among which detaches costs, speak quality, maintenance and scalability easiness. The concepts, solutions, protocols, etc. of IP telephony are here presented.

The present dissertation is inserted, by the way, in the context of the necessity of operational costs reduction of the Prefeitura Municipal de Manaus (PMM) with telecommunications, once that, it already spends a fixed value with data communication in its metropolitan net. Our objective is to investigate the existing scenes in the diverse organisms of the PMM and the main solutions offered by the manufacturers, in order to propose a solution of networks convergence adapted to the PMMs reality.

# Sumário

<b>Resumo</b>	<b>v</b>
<b>Abstract</b>	<b>vi</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de Abreviaturas e Siglas</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 O Protocolo TCP/IP . . . . .	2
1.1.1 A Arquitetura TCP/IP . . . . .	4
1.1.2 O protocolo IP . . . . .	5
1.1.3 O protocolo TCP . . . . .	6
1.1.4 O protocolo UDP . . . . .	7
1.2 Voz sobre IP . . . . .	8
1.3 Estrutura desta Dissertação . . . . .	10
<b>2 Convergência de Redes</b>	<b>12</b>
2.1 Tendências para um ambiente convergente . . . . .	12
2.2 Cenários de redes convergentes . . . . .	14
2.3 Protocolos de sinalização . . . . .	21
2.4 H.323 . . . . .	22
2.4.1 Elementos do H.323 . . . . .	24
2.4.2 Controle e sinalização do H.323 . . . . .	26
2.4.3 Estabelecimento de uma chamada H.323 . . . . .	31
2.5 SIP . . . . .	33
2.5.1 Componentes do SIP . . . . .	33
2.5.2 Endereçamento SIP . . . . .	34
2.5.3 Mensagens SIP . . . . .	35
2.5.4 Operação básica do SIP . . . . .	38
2.6 Comparação entre H.323 e SIP . . . . .	41
2.7 Conclusão . . . . .	43



---

<b>3</b>	<b>Aspectos de Projeto de Redes Baseadas em VoIP</b>	<b>44</b>
3.1	Aspectos de qualidade de serviço . . . . .	45
3.1.1	Atraso fim-a-fim . . . . .	46
3.1.2	Perda de pacotes . . . . .	52
3.1.3	Perdas devido à codificação . . . . .	53
3.1.4	<i>Clipping</i> . . . . .	62
3.1.5	Problemas com interfaces e equipamentos de som . . . . .	63
3.2	Aspectos legais . . . . .	64
3.3	Riscos e Desafios em Projetos de VoIP em Redes Metropolitanas . . . . .	68
3.4	Conclusão . . . . .	76
<b>4</b>	<b>Arquitetura das Redes de Dados e de Telefonia Fixa da PMM</b>	<b>77</b>
4.1	Topologia do Teleporto da Prefeitura Municipal de Manaus . . . . .	77
4.1.1	Histórico . . . . .	79
4.1.2	Descrição Física Geral . . . . .	83
4.1.3	Descrição da rede do CAC . . . . .	84
4.1.4	Descrição da rede da Sede . . . . .	87
4.1.5	Outras conexões à RMP Manaus . . . . .	93
4.1.6	Aspectos de Segurança . . . . .	96
4.1.7	Aplicações sobre a RMP Manaus . . . . .	100
4.2	Topologia da Rede de Telefonia Fixa Comutada da PMM . . . . .	104
4.3	Conclusão . . . . .	107
<b>5</b>	<b>Projeto de Implantação de Piloto VoIP na RMP Manaus</b>	<b>108</b>
5.1	Identificação da interface de voz com usuário . . . . .	109
5.2	Caracterização do tráfego de voz . . . . .	114
5.3	Caracterização do tráfego de dados na RMP Manaus . . . . .	119
5.4	Proposição do projeto-piloto de utilização do Teleporto da RMP Manaus para aplicações VoIP . . . . .	120
5.4.1	Primeira fase do projeto-piloto . . . . .	120
5.4.2	Segunda fase do projeto-piloto . . . . .	124
5.5	Conclusão . . . . .	127
<b>6</b>	<b>Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros</b>	<b>128</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>134</b>
	<b>Apêndices</b>	<b>138</b>
<b>A</b>	<b>Algoritmos de Codificação de Voz</b>	<b>138</b>
A.1	PCM logarítmico (lei A ou lei $\mu$ ) . . . . .	139
A.2	ADPCM . . . . .	141
A.3	LD-CELP . . . . .	143
A.4	CS-ACELP . . . . .	144
A.5	ACELP . . . . .	147
A.6	RPE-LTP . . . . .	148
<b>B</b>	<b>Método Karlsson Acrescido</b>	<b>150</b>

---

C	Monitoração de tráfego de 19 a 20/01/04 no <i>switch</i> sw01_sede_info	151
D	Monitoração de tráfego de 19 a 20/01/04 no <i>switch</i> sw01_cac_info	153
E	Monitoração de tráfego de 05 a 06/02/04 no <i>switch</i> sw01_sede_info	155
F	Monitoração de tráfego de 05 a 06/02/04 no <i>switch</i> sw01_cac_info	186

# Lista de Figuras

1.1	<i>Modelo de referência TCP/IP e sua equivalência com o Modelo OSI.</i>	4
2.1	<i>Cenário da telefonia IP pura(a), sem integração com a rede de telefonia comutada(b).</i>	16
2.2	<i>Diagrama do cenário “bases de médio e de grande porte”.</i>	17
2.3	<i>Uso da rede de dados como tronco telefônico.</i>	18
2.4	<i>Diagrama do cenário “sede grande, filiais pequenas”.</i>	19
2.5	<i>Solução de redes convergentes utilizando a arquitetura PC-a-telefone e telefone-a-PC.</i>	20
2.6	<i>Protocolos do H.323 em relação ao modelo OSI (Fonte: [30]).</i>	23
2.7	<i>Arquitetura de rede e componentes H.323.</i>	24
2.8	<i>Processo de descoberta do gatekeeper. Fonte: [21].</i>	27
2.9	<i>Processo de registro de um terminal H.323 com um gatekeeper. Fonte: [21].</i>	28
2.10	<i>Processo de cancelamento de registro de terminal H.323 em um gatekeeper. Fonte: [21].</i>	28
2.11	<i>Processo de localização de um terminal H.323. Fonte: [21].</i>	29
2.12	<i>Processo de admissão à rede H.323. Fonte: [21].</i>	29
2.13	<i>Estabelecimento de uma chamada VoIP através do protocolo H.323. Fonte: [21].</i>	31
2.14	<i>Exemplo de chamada SIP utilizando um servidor proxy.</i>	40
2.15	<i>Mesmo exemplo da Figura 2.14, mas representado em forma de diagrama.</i>	41
3.1	<i>Localização das fontes do atraso fim-a-fim.</i>	47
4.1	<i>Rede Metropolitana da Prefeitura Municipal de Manaus antes do PMAT.</i>	81
4.2	<i>Rede Metropolitana de Informática da Prefeitura Municipal de Manaus.</i>	85
4.3	<i>Diagrama esquemático da rede de dados da Sede da PMM.</i>	86
5.1	<i>Primeira fase do Projeto-Piloto de utilização do Teleporto da RMP Manaus para aplicações VoIP.</i>	122
5.2	<i>Segunda fase do projeto-piloto de utilização do Teleporto da RMP Manaus para aplicações VoIP.</i>	125
A.1	<i>Diagrama de blocos simplificado da codificação ADPCM (Fonte: [27]).</i>	142
A.2	<i>Diagrama de blocos simplificado da codificação LD-CELP (Fonte: [15]).</i>	144
A.3	<i>Diagrama de blocos simplificado da codificação CS-ACELP (Fonte: [15]).</i>	146
A.4	<i>Diagrama de blocos simplificado da codificação RPE-LTP (Fonte: [27]).</i>	149
C.1	<i>Relatório de utilização do switch sw01_sede_info entre os dias 19 e 20/01/04.</i>	152

- D.1 *Relatório de utilização do switch sw01\_cac\_info entre os dias 19 e 20/01/04.*154
- E.1 *Relatório de utilização do switch sw01\_sede\_info entre os dias 05 e 06/02/04.*156
- F.1 *Relatório de utilização do switch sw01\_cac\_info entre os dias 05 e 06/02/04.*187

# Lista de Tabelas

2.1	<i>Cabeçalhos SIP mais comuns (Fonte: [12, 18]). . . . .</i>	36
2.2	<i>Categorias de respostas SIP (Fonte: [12, 18]). . . . .</i>	39
2.3	<i>Comparação entre o SIP e o H.323 (Fonte: [15, 35, 36]). . . . .</i>	42
3.1	<i>Valores de tamanhos de quadro para os codificadores de voz mais utilizados (Fonte: [20]). . . . .</i>	49
3.2	<i>Escalas de qualidade da fala e de esforço de compreensão, segundo teste de ACR (Fonte: [22]). . . . .</i>	56
3.3	<i>Pontuação MOS para alguns codificadores de voz. . . . .</i>	57
4.1	<i>Comparação da estrutura de informática da PMM antes e depois do PMAT (Fonte: Centro de Informática da SEMEF). . . . .</i>	83
4.2	<i>Vínculo das repartições cuja rede de dados são administrados pela PMM. . . . .</i>	88
4.3	<i>Velocidades de conexão dos PACs e quiosques com a Sede da PMM. . . . .</i>	96
4.4	<i>Características das centrais telefônicas instaladas nos órgãos da PMM. . . . .</i>	106
4.5	<i>Linhas telefônicas externas existentes nos Órgãos e Secretarias da PMM. . . . .</i>	106
5.1	<i>Consumo em minutos de ligações telefônicas originadas pelo CAC e pela Sede da PMM no mês de outubro de 2003. . . . .</i>	115
5.2	<i>Consumo em minutos de ligações telefônicas originadas pelo CAC e pela Sede da PMM no mês de novembro de 2003. . . . .</i>	115
5.3	<i>Consumo em minutos de ligações telefônicas originadas pelo CAC e pela Sede da PMM no mês de dezembro de 2003. . . . .</i>	116
5.4	<i>Média do consumo em minutos de ligações telefônicas originadas pelo CAC e pela Sede da PMM no período de outubro a dezembro de 2003. . . . .</i>	116
5.5	<i>Histórico de dispêndios mensais (em R\$) com telecomunicações efetuados pela PMM no período de outubro a dezembro de 2003. . . . .</i>	118
5.6	<i>Dimensionamento de quantidade de ramais e canais de entroncamento com operadora de telefonia para os PBX a serem adquiridos para os órgãos da Administração Direta da PMM. . . . .</i>	126
5.7	<i>Linhas telefônicas existentes nas unidades de pequeno porte e nos órgãos da Administração Indireta da PMM. . . . .</i>	127

# Lista de Abreviaturas e Siglas

<b>ACELP</b>	<i>Algebraic Code Excited Linear Prediction</i>
<b>ACF</b>	<i>Admission Confirmation</i>
<b>ACR</b>	<i>Absolute Category Rating</i>
<b>ADPCM</b>	<i>Adaptive Differential Pulse Code Modulation</i>
<b>AGM</b>	Auditoria Geral do Município
<b>ANATEL</b>	Agência Nacional de Telecomunicações
<b>ARJ</b>	<i>Admission Reject</i>
<b>ARPA</b>	<i>Advanced Research Projects Agency</i>
<b>ARQ</b>	<i>Automatic Repeat Request</i> (redes)
<b>ARQ</b>	<i>Authorization Request</i> (H.323)
<b>ASCII</b>	<i>American Standard Code for Information Exchange</i>
<b>ATM</b>	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
<b>AUI</b>	<i>Attached Unit Interface</i>
<b>AVT</b>	<i>Audio/Video Transport</i>
<b>BDC</b>	Backup do Controlador de Domínio
<b>BNDES</b>	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social
<b>BRQ</b>	<i>Bandwidth Change Request</i>
<b>CAC</b>	Centro de Atendimento ao Contribuinte
<b>CFP</b>	Centro de Formação Profissional
<b>CCR</b>	<i>Comparison Category Rating</i>
<b>CDR</b>	<i>Call Detail Report</i>
<b>CME</b>	Conselho Municipal de Educação
<b>CMM</b>	Câmara Municipal de Manaus
<b>CNG</b>	<i>Comfort Noise Generation</i>
<b>COMDEC</b>	Conselho Municipal de Defesa Civil
<b>CPA-E</b>	Controle por Programa Armazenado Espacial
<b>CPA-T</b>	Controle por Programa Armazenado Temporal
<b>CPCT</b>	Central Privada de Comutação Telefônica
<b>CRLF</b>	<i>Carriage Return, Line Feed</i>

---

<b>CS-ACELP</b>	<i>Conjugate Structure - Algebraic Code Excited Linear Prediction</i>
<b>DCF</b>	<i>Disengage Confirmation</i>
<b>DCR</b>	<i>Degradation Category Rating</i>
<b>DDD</b>	Discagem Direta à Distância
<b>DE</b>	Distrito Educacional
<b>DEMULP</b>	Departamento Municipal de Limpeza Pública
<b>DHCP</b>	<i>Dynamic Host Control Protocol</i>
<b>DNS</b>	<i>Domain Name Server</i>
<b>DOM</b>	Diário Oficial do Município
<b>DPE</b>	<i>Dual Processor Engine</i>
<b>DRQ</b>	<i>Disengage Request</i>
<b>DSP</b>	<i>Digital Signal Processor</i>
<b>DTX</b>	<i>Discontinuous Transmission</i>
<b>EMTU</b>	Empresa Municipal de Transportes Urbanos
<b>ETSI</b>	<i>European Telecommunications Standards Institute</i>
<b>FTP</b>	<i>File Transfer Protocol</i>
<b>FUCAPI</b>	Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica
<b>FXO</b>	<i>Foreign eXchange Office</i>
<b>FXS</b>	<i>Foreign eXchange Station</i>
<b>GABCIVIL</b>	Gabinete Civil
<b>GCF</b>	<i>Gatekeeper Confirmation</i>
<b>GRJ</b>	<i>Gatekeeper Reject</i>
<b>GRQ</b>	<i>Gatekeeper Request</i>
<b>GSM-FR</b>	<i>Global System for Mobile Communications - Full Rate</i>
<b>HTTP</b>	<i>Hiper Text Transport Protocol</i>
<b>IAB</b>	<i>Internet Activites Board</i>
<b>IETF</b>	<i>Internet Engineering Task Force</i>
<b>IMPAS</b>	Instituto Municipal de Previdência e Assistência Social
<b>IMPLURB</b>	Instituto Municipal de Planejamento Urbano
<b>INFRAERO</b>	Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária
<b>ISDN</b>	<i>Integrated Services Digital Network</i>
<b>IP</b>	<i>Internet Protocol</i>
<b>ITU</b>	<i>International Telecommunications Union</i>
<b>ITU-T</b>	<i>ITU Telecommunication Standardization Sector</i>
<b>LAN</b>	<i>Local Area Network</i>
<b>LCF</b>	<i>Location Confirmation</i>
<b>LD-CELP</b>	<i>Low Delay - Code Excited Linear Prediction</i>
<b>LRJ</b>	<i>Location Reject</i>
<b>LRQ</b>	<i>Location Request</i>
<b>MANAUSTUR</b>	Órgão Municipal de Turismo
<b>MCU</b>	<i>Multi-point Control Unit</i>

---

<b>MOS</b>	<i>Mean Opinion Score</i>
<b>NTE</b>	Núcleo de Tecnologia Educacional
<b>OSI</b>	<i>Open Systems Interconnection</i>
<b>PAC</b>	Pronto Atendimento ao Cidadão
<b>PBX</b>	<i>Private Branch Exchange</i>
<b>PCM</b>	<i>Pulse Code Modulation</i>
<b>PDC</b>	<i>Primary Domain Controller</i>
<b>PESQ</b>	<i>Perceptual Evaluation of Speech Quality</i>
<b>PGM</b>	Procuradoria Geral do Município
<b>PGP</b>	<i>Pretty Good Privacy</i>
<b>PMM</b>	Prefeitura Municipal de Manaus
<b>PPP</b>	<i>Point to Point Protocol</i>
<b>PRODAM</b>	Processamento de Dados Amazonas S.A.
<b>QoS</b>	<i>Quality of Service</i>
<b>RADIUS</b>	<i>Remote Access Dial-In User Server</i>
<b>RAS</b>	<i>Registration, Admission and Status</i>
<b>RCF</b>	<i>Registration Confirmation</i>
<b>RFC</b>	<i>Request for Comments</i>
<b>RMON</b>	<i>Remote Monitoring</i>
<b>RMP</b>	Rede Metropolitana da Prefeitura Municipal de Manaus
<b>RPE-LTP</b>	<i>Regular Pulse Excitation - Long Term Prediction</i>
<b>RRJ</b>	<i>Registration Reject</i>
<b>RRQ</b>	<i>Registration Request</i>
<b>RTPC</b>	Rede de Telefonia Pública Comutada
<b>SAI</b>	Sistema Administrativo Integrado
<b>SCM</b>	Serviço de Comunicação Multimídia
<b>SCSI</b>	<i>Small Computer Systems Interface</i>
<b>SEAC</b>	Secretaria Especial para Assuntos de Apoio Comunitário
<b>SEAPP</b>	Secretaria Especial para Articulação de Políticas Públicas
<b>SEDEMA</b>	Secretaria Municipal de Desenvolvimento e Meio Ambiente
<b>SEMAD</b>	Secretaria Municipal de Administração
<b>SEMAF</b>	Secretaria Municipal de Abastecimento, Mercados e Feiras
<b>SEMASC</b>	Secretaria Municipal de Assistência Social e Cidadania
<b>SEMCOM</b>	Secretaria Municipal de Comunicação
<b>SEMDEC</b>	Secretaria Municipal da Defesa Civil
<b>SEMED</b>	Secretaria Municipal de Educação
<b>SEMEF</b>	Secretaria Municipal de Economia e Finanças
<b>SEMESP</b>	Secretaria Municipal de Esportes
<b>SEMOSB</b>	Secretaria Municipal de Obras e Saneamento Básico
<b>SEMSA</b>	Secretaria Municipal de Saúde
<b>SICOB</b>	Sistema de Controle de Ordem Bancária



---

<b>SID</b>	<i>Silence Insertion Descriptor</i>
<b>SIP</b>	<i>Session Initiation Protocol</i>
<b>SMP</b>	Serviço Móvel Pessoal
<b>SMTP</b>	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i>
<b>SNMP</b>	<i>Simple Network Management Protocol</i>
<b>SRPV-MN</b>	Serviço Regional de Proteção ao Vôo de Manaus
<b>SSL</b>	<i>Secure Sockets Layer</i>
<b>STFC</b>	Serviço Telefônico Fixo Comutado
<b>STI</b>	Sistema Tributário Integrado
<b>TCE</b>	Tribunal de Contas do Estado
<b>TCP</b>	<i>Transmission Control Protocol</i>
<b>TNS</b>	<i>Transparent Network Substrate</i>
<b>TOS</b>	<i>Type of Service</i>
<b>UAC</b>	<i>User Agent Client</i>
<b>UAS</b>	<i>User Agent Server</i>
<b>UCF</b>	<i>Unregister Confirmation</i>
<b>UDP</b>	<i>User Data Protocol</i>
<b>UFAM</b>	Universidade Federal do Amazonas
<b>UPI</b>	<i>User Program Interface</i>
<b>UPS</b>	<i>Uninterrupted Power Supply</i>
<b>URI</b>	<i>User Resource Identifier</i>
<b>URJ</b>	<i>Unregister Reject</i>
<b>URQ</b>	<i>Unregister Request</i>
<b>VLAN</b>	<i>Virtual Local Area Network</i>
<b>WAN</b>	<i>Wide Area Network</i>

# Capítulo 1

## Introdução

O crescente interesse pela tecnologia de voz sobre IP (*Internet Protocol*) - VoIP (*Voice Over IP*) segue a tendência do mercado para a convergência de redes. Em vez de se instalar e manter uma rede separada para cada serviço (*e-mail*, FTP, voz, atualização e acesso a banco de dados, entre outros) utilizado por uma instituição ou empresa, pode-se fazer uso de um mesmo meio compartilhado para distribuir serviços diferentes, apoiando-se em uma pilha de protocolos bem definida, a fim de prover diferenciação dos serviços. Outro fator impulsionador da convergência de redes é a disponibilidade de novos serviços e aplicações, decorrente da associação de tecnologias antes separadas em redes estanques.

Nesse contexto, há uma disputa entre os fabricantes de telefonia no oferecimento de equipamentos e arquiteturas voltados para esse ambiente convergente. Como conseqüência dessa tendência recente, temos a falta de padrões e a existência de alguns mitos relativos à comunicação de voz por comutação de pacotes IP, fatores estes que confundem os profissionais responsáveis pela gerência de redes.

A Rede Metropolitana da Prefeitura Municipal de Manaus (RMP Manaus) é uma rede de dados baseada no protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) e capilarizada nas diversas Secretarias e Órgãos municipais lo-

calizados geograficamente em pontos distintos na cidade de Manaus. Para distribuir dados entre esses diversos Órgãos, a Prefeitura Municipal de Manaus (PMM) utiliza uma operadora de telefonia fixa, a um custo fixo mensal. Por outro lado, a PMM paga a essa mesma operadora pelos custos com ligações telefônicas que, em sua maioria, ocorrem entre esses mesmos Órgãos da administração pública municipal.

## 1.1 O Protocolo TCP/IP

A arquitetura TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) foi concebida em um contexto da Guerra Fria, quando uma das grandes preocupações era interligar diversos computadores, independente da tecnologia de rede utilizada, de uma forma simples e não centralizada. Ou seja, se determinados computadores fossem eventualmente destruídos, a rede deveria continuar funcionando independentemente desses computadores [36]. Esse é um conceito muito forte de descentralização, característica que não era comum na época.

A Internet surgiu a partir de um projeto da agência norte-americana ARPA (*Advanced Research Projects Agency*), com o objetivo de conectar os computadores dos seus departamentos de pesquisa. Tal conexão, conhecida como ARPANET, iniciou-se efetivamente em 1969, entre quatro nós: Universidades da Califórnia em Los Angeles (UCLA) e em Santa Bárbara (UCSB), Universidade de Utah e Instituto de Pesquisa de Stanford (SRI). O Acesso à ARPANET era restrito ao domínio dos militares e órgãos contratantes da defesa e às pessoas de universidades envolvidas em pesquisas relacionadas à defesa [16].

Esse projeto inicial foi colocado à disposição de pesquisadores, o que resultou em uma intensa atividade de pesquisa durante a década de 1970, cujo principal

resultado foi a concepção do conjunto de protocolos que até hoje é a base da Internet, conhecida como TCP/IP. Em 1985, a NSF (*National Science Foundation*) interligou os supercomputadores de seis centros de pesquisa, o que resultou na rede conhecida como NSFNET. Em 1986, esses centros foram conectados à ARPANET, que desde 1984 estava dividida em duas redes separadas: a ARPANET, para pesquisas de propósitos civis e a MILNET, uma rede militar. A rede civil ficou conhecida como Internet [16]. A idéia da Internet era a ligação de vários tipos de redes chaveadas por pacotes. Tal objetivo foi facilitado pela robustez do TCP/IP, que possibilitava a comunicação de dados através de linhas analógicas, pacotes de rádio, conexões com satélites, redes *Ethernet*, entre outros [16].

Nessa época, o Departamento de Ciência da Computação da Universidade da Califórnia em Berkeley melhorava a versão original do sistema operacional UNIX (BSD UNIX) e uma das suas novidades foi a incorporação do protocolo TCP/IP. Esse sistema operacional foi distribuído gratuitamente e logo se tornou bastante popular nas universidades dos EUA. Dado que o TCP/IP foi incorporado ao UNIX e que estava sendo utilizado com sucesso na ARPANET, a NSF ordenou que todos os seus centros de supercomputação e suas redes na NSFNET usassem o TCP/IP como protocolo de comunicação. Dessa forma, a NSF estabeleceu o TCP/IP como um padrão [16].

Como o TCP/IP é um protocolo aberto, não existe uma pessoa ou instituição responsável por ele. Existem, na verdade, organismos como o IAB (*Internet Activities Board*), que coordena os esforços de pesquisa na área, através de vários grupos de trabalho, entre eles o IETF (*Internet Engineering Task Force*). Todas

estas especificações são descritas em RFC (*Request for Comments*), que detalham o conjunto de padrões para comunicação entre os computadores, assim como as convenções de interconexão, roteamento, tráfego, etc.

### 1.1.1 A Arquitetura TCP/IP

A arquitetura básica do TCP/IP é mostrada na Figura 1.1. O TCP/IP é um conjunto de protocolos divididos em cinco camadas, cada uma delas com funções bem definidas [16, 36]:

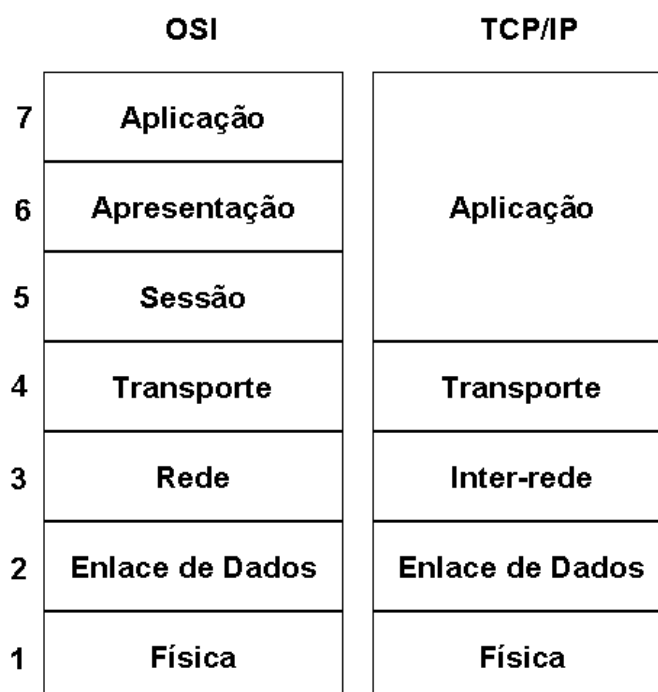


Figura 1.1: Modelo de referência TCP/IP e sua equivalência com o Modelo OSI.

**camada de aplicação** - nesta camada estão os protocolos de alto nível como terminal virtual (TELNET), protocolo de transferência de arquivos (FTP), protocolo de envio de correio eletrônico (SMTP), entre outros [16, 36]. É nesta camada que estão os programas dos usuários.

**camada de transporte** - responsável pela comunicação fim-a-fim entre duas estações,

podendo oferecer comunicações orientadas ou não orientadas à conexão. Fazem parte desta camada os protocolos *Transmission Control Protocol* (TCP) e *User Datagram Protocol* (UDP).

**camada inter-rede** - é onde está implementado o protocolo *Internet Protocol* (IP).

No modelo OSI (*Open Systems Interconnection*), equivale à camada de Rede.

O roteamento e a entrega dos pacotes IP ocorrem nesta camada.

**camada de enlace de dados** - sua função principal é controlar o acesso ao meio

de transmissão da rede, disciplinando a competição das várias estações de tra-

balho conectadas em rede pelo uso do mesmo meio de transmissão. Também

é responsável por encapsular os pacotes da camada inter-rede no formato es-

pecífico da rede associada e extrair os pacotes dos quadros vindos da rede e

encaminhá-los à camada inter-rede. Além disso, fornece serviços de verificação

e correção de erros e controle de fluxo.

**camada física** - compreende todos os componentes necessários para efetivar a conexão

física das máquinas em rede: conectores, *hubs*, *switches*, roteadores e o meio

de transmissão através do qual os bits são transmitidos (cabo metálico, fibra

óptica, sinais de rádio, microondas, infra-vermelho ou qualquer outro meio

apropriado ao ambiente). Inclui as especificações ambientais necessárias para

manter a validade do meio, bem como o método de sinalização utilizado para

transmitir bits de uma localidade para outra.

### 1.1.2 O protocolo IP

O *Internet Protocol* (IP) é designado para o uso em sistemas de computa-

dores interconectados em rede utilizando troca de pacotes. O IP fornece transmissão de blocos de dados, chamados datagramas, entre origem e destino, sendo que origem e destino são *hosts* identificados por um endereço de tamanho fixo [16,36].

Outra função do IP, definido na RFC 791, é a fragmentação e desfragmentação de datagramas longos, se necessário, para transmissão através de redes que apresentam um desempenho melhor com pacotes menores.

O protocolo IP é especificamente limitado em escopo para fornecer as funções necessárias para entregar um pacote (datagrama internet) de uma origem para um destino em uma rede de computadores. Não há mecanismos para aumentar a confiabilidade dos dados, assegurar a seqüência dos datagramas, ou outros serviços comumente encontrados em outros protocolos ponto a ponto.

O pacote IP pode ser perdido, reproduzido, atrasar-se ou ser entregue com problemas, mas o serviço não detectará tais condições, nem informará isso ao transmissor nem ao receptor [16,36].

O protocolo IP é considerado sem conexão porque cada pacote é independente dos demais. Uma seqüência de pacotes enviados de um computador a outro pode trafegar por caminhos diferentes, ou alguns podem ser perdidos enquanto outros são entregues.

### 1.1.3 O protocolo TCP

O *Transmission Control Protocol* (TCP) é um protocolo de transporte orientado à conexão. Seu objetivo é oferecer aos usuários um serviço de transferência confiável de dados, implementando serviços de recuperação de dados perdidos, danificados ou recebidos fora de seqüência e minimizando o atraso de trânsito para

transmissão de dados [16, 36].

Do ponto de vista de um programa aplicativo, o serviço oferecido pelo TCP/IP tem as seguintes características:

**orientação à conexão:** para haver transmissão de dados, é necessário que primeiro um aplicativo solicite conexão com um destino para então utilizar a conexão para a transferência dos dados;

**comunicação ponto a ponto:** cada conexão de TCP tem exatamente duas extremidades;

**confiabilidade completa:** o TCP garante que os dados enviados através de uma conexão serão entregues exatamente na ordem como foram enviados;

**comunicação *full-duplex*:** uma conexão de TCP permite que os dados fluam em qualquer direção e permite que um ou outro programa aplicativo envie dados assincronamente;

**partida de conexão confiável:** quando dois aplicativos criam uma conexão, o TCP exige que estes concordem com a nova conexão;

**desligamento de conexão:** um aplicativo pode abrir uma conexão, enviar dados e então requisitar o fechamento da conexão. O TCP garante a entrega confiável de todos os dados antes de fechar a conexão.

#### 1.1.4 O protocolo UDP

Em certas situações, o dispositivo de origem não precisa da garantia da entrega de dados ao dispositivo de destino. Nesses casos, o TCP é substituído pelo



UDP (*User Datagram Protocol*). O UDP é um protocolo sem conexão, ou seja, não necessita estabelecer uma conexão entre origem e destino antes de enviar datagramas IP.

O UDP está descrito na RFC 768. Cada mensagem UDP é chamada de **segmento** e consiste de duas partes: um cabeçalho e uma área de dados. Sua vantagem principal sobre o uso do IP bruto é a adição das portas de origem e destino. Sem os campos de portas, a camada de transporte não saberia o que fazer com o pacote [36].

Um programa aplicativo que utiliza o protocolo UDP assume a responsabilidade de lidar com o problema de confiabilidade, inclusive perda de mensagem, duplicação, retardo, transmissão defeituosa e perda de conectividade.

Como veremos no próximo capítulo, este é o protocolo utilizado para o transporte dos fluxos de voz.

## 1.2 Voz sobre IP

Desde as últimas décadas do século XX presenciamos mudanças significativas no serviço telefônico. A década de 1950 foi marcada pela possibilidade de chamadas internacionais diretas, através da implantação dos cabos transatlânticos; nos anos 1960, as centrais e transmissões digitais melhoraram a qualidade do sinal de áudio; nos anos 1970, as centrais programáveis viabilizaram serviços como as chamadas em espera e discagem por tons; na década de 1980, o sistema de sinalização em canal comum (*Signaling System 7* SS7) possibilitou serviços como os números 0800. A década de 1990, marcou definitivamente a trajetória da transmissão e sinalização telefônica, rumo a uma infra-estrutura baseada em redes de

pacotes [5, 18].

Apesar disso, os primeiros artigos sobre o assunto datam do início de 1970, com a primeira experiência de transmissão de pacotes IP com áudio, entre a *University of Southern California* e o *Massachusetts Institute of Technology*, em agosto de 1974, utilizando o chamado NVT (*Network Voice Protocol*) [5, 15]. Em janeiro de 1976, ocorreu a primeira áudio-conferência, utilizando um novo protocolo, o *Network Voice Control Protocol* [5]. A primeira RFC sobre pacotes de voz, a RFC 741, foi publicada em 1977.

Em 1983, a Xerox construiu o primeiro *Ethernet Phone* [5], o pai dos hoje conhecidos telefones IP.

Em 1992, iniciaram-se os trabalhos do grupo AVT (*Audio/Video Transport*) do IETF, com o propósito de padronizar protocolos para o transporte de informações multimídia, cujos primeiros frutos surgiram em novembro de 1995, quando o Protocolo de Tempo Real (RTP) foi publicado como uma proposta de padronização [5].

O protocolo de sinalização H.323 surgiu no ano seguinte, proposto pela ITU-T (*International Telecommunications Union - Telecommunication Standardization Sector*) e em 1999 o SIP (*Session Initiation Protocol*) foi publicado como uma proposta de padronização pelo grupo AVT da IETF.

O uso de voz sobre IP (VoIP) vem sendo uma das grandes metas de investimentos por fornecedores de soluções e usuários de telecomunicações nos últimos anos. Essa tecnologia abre um novo horizonte para as possíveis aplicações, integrando-se voz e dados em um mesmo equipamento terminal de usuário, aproximando pessoas geograficamente distantes, aumentando a interatividade de aplicativos e até dimi-

nuindo os custos de comunicação quando comparada às ligações telefônicas interurbanas dos sistemas convencionais. Apesar do grande interesse gerado pelo assunto, ainda não é uma tecnologia com larga utilização, onde muitos técnicos atuantes na área de redes não a conhecem o suficiente para definição segura de projetos [15].

É certo que a transição da infra-estrutura telefônica atual para um ambiente puro de voz sobre redes de pacotes será longa, haja vista o enorme investimento feito para implantação do sistema legado. Contudo, parece ser incontestável que essa é a tendência que norteará os futuros projetos na área de telecomunicações [13–15].

### 1.3 Estrutura desta Dissertação

A presente dissertação insere-se no contexto da necessidade de redução dos custos operacionais da PMM com telecomunicações, uma vez que, ela dispense um valor fixo com comunicação de dados em sua rede metropolitana. Seu objetivo geral é propor um projeto-piloto para utilização do teleporto da RMP Manaus como meio comum de comunicação de dados e de voz.

Para atingir esse objetivo, pretende-se investigar os cenários existentes nos diversos Órgãos da PMM e as principais soluções oferecidas pelos fabricantes, a fim de propor uma solução de convergência de redes mais adaptada à realidade da PMM.

Deve-se salientar que os conceitos e resultados aqui discutidos e apresentados transcendem o estudo de caso específico da PMM, podendo ser aplicado a redes corporativas semelhantes. Trata-se, sobretudo de um estudo preliminar da viabilidade técnico-econômica da tecnologia de VoIP em redes corporativas.

A presente dissertação está dividida em seis capítulos, sendo o primeiro esta introdução.

O Capítulo 2 apresenta os cenários clássicos de aplicação de soluções de convergência de redes e os dois principais protocolos de sinalização utilizados para estabelecimento, controle e finalização de chamadas VoIP: o H.323 e o SIP.

No Capítulo 3 são abordados alguns aspectos que devem ser considerados em um projeto de redes convergentes: problemas concernentes à garantia de qualidade de serviço; aspectos legais a respeito do emprego de tecnologia de transporte de voz sobre pacotes e certos riscos a serem considerados em um projeto de implantação de voz sobre IP em uma rede metropolitana.

O Capítulo 4 apresenta em detalhe as arquiteturas das redes de dados e de telefonia fixa comutada da PMM.

No Capítulo 5, é proposto projeto para implantação de piloto VoIP na RMP Manaus.

O Capítulo 6 apresenta as conclusões finais desta dissertação e sugestões para trabalhos futuros.

No Apêndice A são descritos alguns dos algoritmos de codificação de voz mais utilizados nas implementações de voz sobre IP existentes.

O Apêndice B descreve o método Karlsson Acrescido, utilizado pelas operadoras de telefonia local para converter os minutos de conversação em pulsos. Estes são utilizados como unidade para cobrança tarifária.

Nos Apêndices C, D, E e F são mostrados alguns relatórios de monitoração de tráfego de dados nos principais *switches* da RMP Manaus.

# Capítulo 2

## Convergência de Redes

Neste capítulo, analisaremos o significado de convergência de redes e por que ela representa uma forte tendência no mercado de telecomunicações. Serão apresentados os cenários clássicos de aplicação de soluções de convergência de redes, identificando-se qual tipo e porte de empresa ou instituição se enquadra em cada um deles. Serão também abordados os dois principais protocolos de sinalização de chamadas telefônicas baseadas em voz sobre IP: o H.323, da ITU-T, e o SIP, da IETF, os quais são comparados no final do capítulo.

### 2.1 Tendências para um ambiente convergente

A manutenção de redes de comunicação distintas para cada aplicação utilizada por uma empresa ou instituição acarreta em custos de mão-de-obra, de treinamento, de material e de serviços. Além disso, a velocidade dos processos e negócios em um mundo globalizado e unido por serviços de telecomunicação exige rapidez, facilidade de acesso, mobilidade e flexibilidade por parte das empresas [35]. Essas características se traduzem na integração de serviços disponíveis separadamente em redes estanques. Assim, com o objetivo de reduzir custos e, principalmente, de prover novos serviços pela associação de tecnologias, o transporte de informações de

voz sobre o protocolo IP tem se firmado como tendência geral [13, 14, 17, 28].

Nesse contexto, várias empresas surgem no mercado oferecendo soluções para a implantação de ambiente convergente, competindo entre si pela conquista de clientes. Assim, por estar na linha de fogo dessa disputa, o gerente de redes que deseja planejar e implementar um ambiente convergente deve estar certo do que significa o termo “convergência de redes” e saber interpretar as informações contidas nas brochuras e *whitepapers* à luz dos padrões estabelecidos pelas entidades normativas (ITU-T, IETF).

Assim, de acordo com [35], redes convergentes reúnem certos aspectos de interconexão de redes, tais como:

**Convergência de *payload*:** transporte de diferentes tipos de informação em um mesmo tipo de unidade de dado. Por exemplo, transportar dados e voz no mesmo formato de pacote.

**Convergência de protocolo:** migração do uso de multiprotocolos para um protocolo (tipicamente o IP) na rede. As redes convergentes são projetadas para suportar um protocolo e prover serviços necessários aos vários tipos de informações (voz, dados, vídeo).

**Convergência física:** ocorre quando os *payloads* trafegam pelos mesmos equipamentos da rede física, indiferentemente dos requisitos de serviço. Mecanismos de priorização e reserva de recursos podem ser utilizados para diferenciar os requisitos de serviços necessários às aplicações.

**Convergência de aplicação:** representa o desenvolvimento de aplicações que integram, em um mesmo ambiente, funções antigamente separadas em arquiteturas

distintas. Por exemplo, desenvolvimento de navegadores *web* que permitam a incorporação de *plug-ins* habilitando páginas *web* no transporte de áudio, vídeos, gráficos de alta resolução e voz interativa.

**Convergência de arquitetura:** significa o movimento em direção à reusabilidade das arquiteturas de ambas as redes e a implantação de dispositivos de acesso e tradução de uma arquitetura para outra que satisfaçam ambos os requisitos de qualidade e desempenho.

**Convergência organizacional:** centralização de recursos de rede, telecomunicações e serviços computacionais sob uma mesma autoridade, provendo uma estrutura de gerenciamento coerente para a integração de voz e dados em uma mesma rede.

É interessante enfatizar que a convergência de redes não implica na substituição das redes legadas por outra nova que provê os mesmos serviços de forma integrada. A solução da convergência propõe um estudo de caso das arquiteturas legadas, com o objetivo de aproveitar os investimentos já feitos para a implantação de uma rede integrada.

## 2.2 Cenários de redes convergentes

Definido e compreendido o contexto de um ambiente de redes convergentes, o gerente de redes deve identificar os cenários de sua empresa nos quais é possível fazer uso dos conceitos de interconectividade. Para executar tal identificação, não se deve considerar somente o aspecto estrutural das redes de dados e de telefonia, mas

deve-se fazer também um levantamento das necessidades de cada usuário ou grupo de usuários das redes. Ou seja, o planejamento do ambiente convergente deve prever os tipos de serviços utilizados e a demanda pelos mesmos, por perfil de usuário. Objetiva-se, com isso, austeridade na aquisição de equipamentos de interconexão e garantia de que o investimento seja suficiente para atender às necessidades da empresa [35].

Os cenários de aplicação dos produtos e serviços de interconexão das redes de dados e de telefonia são variados. Por isso, abordaremos a seguir alguns dos mais básicos, que servirão de referência para a criação de outros.

Entre esses cenários básicos, destacam-se aqueles que se utilizam do protocolo IP para o transporte da voz - voz sobre IP ou simplesmente VoIP. Nesse caso, é importante estabelecer a diferença entre as expressões “voz sobre IP” e “telefonia IP”. Enquanto voz sobre IP se refere a toda utilização de voz em redes IP [5], telefonia IP relaciona-se à aplicação específica da voz sobre IP em sistemas de telefonia. Além da telefonia IP, são também aplicações de VoIP: sistemas de audioconferência, videoconferência, *broadcast* de voz em tempo real, entre outros [5].

### **Cenário PC-a-PC**

Entre os cenários tradicionais do uso de voz sobre IP, aponta-se o da telefonia IP pura, onde a voz do emissor é digitalizada, empacotada em IP e transmitida a outro terminal dentro da mesma rede IP, sem passar por redes de outro tipo (Figura 2.1). Nesse contexto, a rede IP não possui nenhum ponto de interconexão com a rede de telefonia comutada. Os terminais da rede IP podem ser PCs dotados de placa multimídia, caixas de som e microfone (computadores multimídia), ou telefones IP,



que, em essência, são computadores multimídia com uma interface mais parecida com a do aparelho de telefone comum [35].

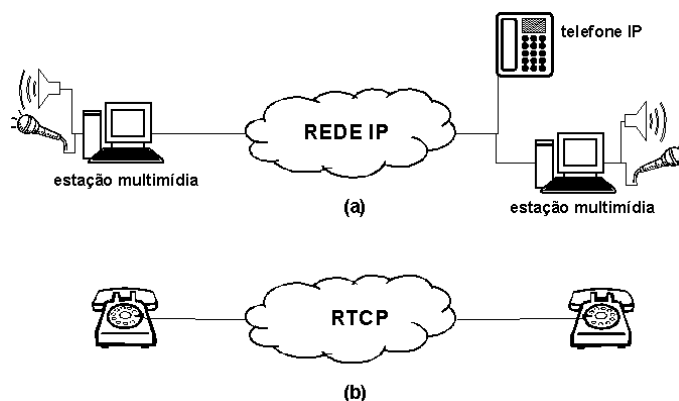


Figura 2.1: *Cenário da telefonia IP pura(a), sem integração com a rede de telefonia comutada(b).*

## Cenário Telefone-a-Telefone

Consideremos uma empresa que possua duas ou mais bases de grande ou médio porte geograficamente distantes, cada uma possuindo seu PBX próprio. As ligações telefônicas entre as bases representam uma parcela significativa dos gastos dessa empresa com telefonia comutada. Além disso, normalmente, tal empresa paga caro a uma operadora pela interconexão das redes de dados, nem sempre consumindo toda a banda disponível (Figura 2.2).

Uma solução de convergência aplicável à situação descrita acima seria o uso da rede de dados IP como tronco telefônico (Figura 2.3). Nessa situação, a tecnologia de voz sobre IP é utilizada com o objetivo de transportar a voz entre dois pontos que utilizam sistemas telefônicos comutados tradicionais [5]. Para tanto, são necessários *gateways* nos pontos de interconexão das duas redes. De acordo com a definição de [1], *gateways* são “... o nó da rede equipado para atuar como inter-

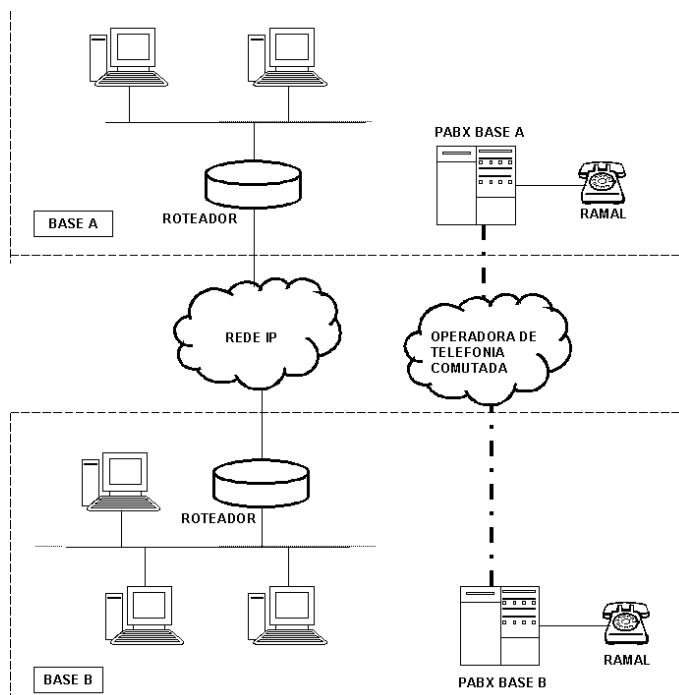


Figura 2.2: Diagrama do cenário “bases de médio e de grande porte”.

face com outras redes que usam protocolos diferentes. O *gateway* deve conter os dispositivos necessários para fornecer as condições de interoperabilidade, ajustando protocolos, taxas e sinais e requer procedimentos administrativos mutuamente estabelecidos”. E, segundo [32], “... os *gateways* abrangem todas as sete camadas do modelo de referência OSI e tratam do endereçamento, encaminhamento e conversão de protocolo, além dos limites de uma rede”.

*Gateways* podem estar implementados em uma placa especial de uma central telefônica ou em um equipamento especialmente projetado para tal. Em suma, o que caracteriza um *gateway*, além da capacidade de interoperabilizar *hardwares* e *softwares* incompatíveis, é possuir pelo menos uma interface para cada uma das redes que integra.

Com a aplicação do cenário descrito na Figura 2.3, a empresa aproveita melhor a largura de banda que normalmente paga para trocar dados entre as suas

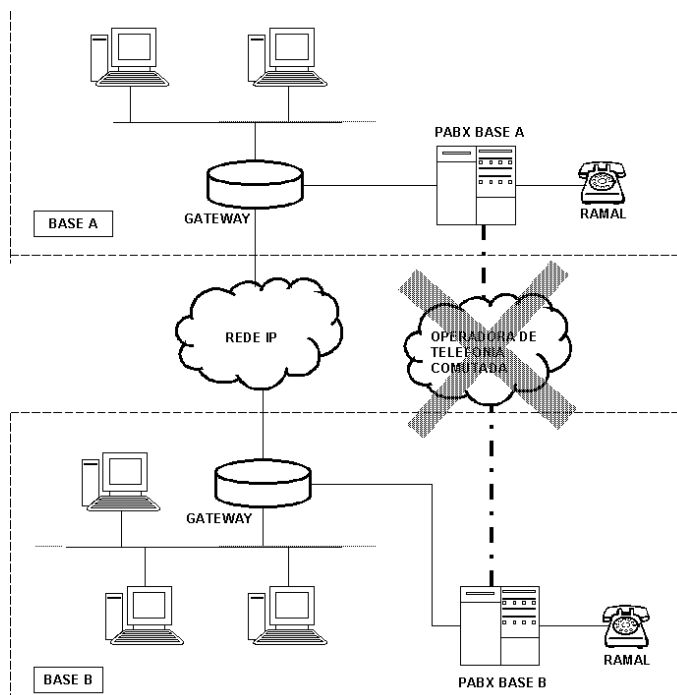


Figura 2.3: *Uso da rede de dados como tronco telefônico.*

bases e reduz consideravelmente os gastos com comunicação de voz interna [35].

### Cenários Telefone-a-PC e PC-a-Telefone

Outra situação muito comum em certas empresas é a existência de um prédio sede dotado de um PBX, que distribui ramais para cada escritório da sede, e de pequenas regionais geograficamente espalhadas, cujo volume de tráfego telefônico não justifica o investimento em um PBX para cada uma delas. Em vez disso, essas filiais são dotadas de pelo menos uma linha telefônica comercial externa para contatos com a sede ou com outras filiais (Figura 2.4). Por outro lado, a rede de dados está normalmente presente nos dois ambientes (sede e filial) e o consumo de ligações de caráter interno entre os ramais da sede e as linhas externas das filiais representa uma parcela significativa da fatura telefônica da empresa.

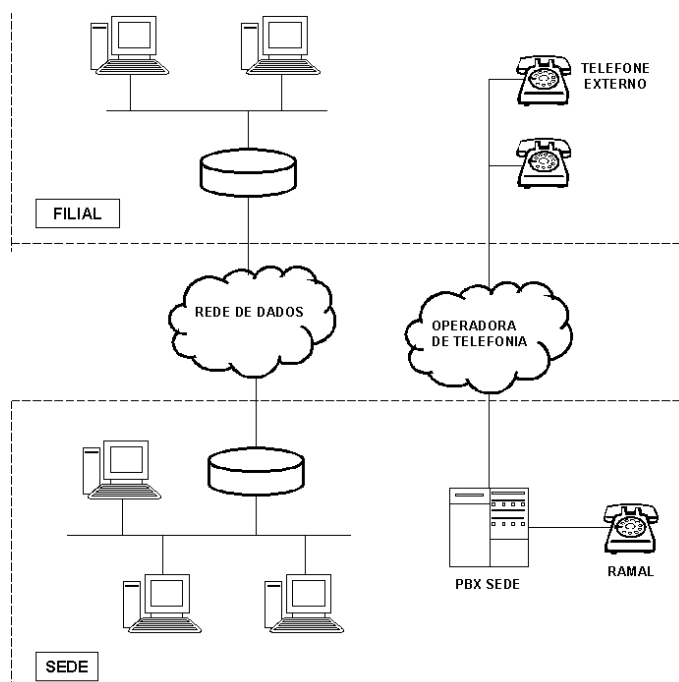


Figura 2.4: Diagrama do cenário “sede grande, filiais pequenas”.

Nesse tipo de cenário, uma solução de convergência de redes seria interligar o PBX da sede com a rede de dados da sede através de um *gateway*, tal como no cenário anterior do tronco telefônico, e disponibilizar terminais de telefonia IP nas filiais, tal como no primeiro cenário apresentado, o da telefonia IP pura (Figura 2.5). Em tal solução, devem ser consideradas duas situações: chamadas originadas pela rede IP (filiais) com destino ao PBX (sede) e chamadas originadas no PBX (sede) com destino a um terminal de telefonia IP (filiais).

Na primeira situação, quando um terminal de telefonia IP, que pode ser um computador multimídia ou um telefone IP fisicamente instalados na filial, desejar se comunicar um ramal do PBX da sede da empresa, ele deverá contactar primeiro um *host* de sinalização que o indique a localização do *gateway* para uma conexão direta. Estabelecida a conexão, o *gateway*, normalmente instalado próximo ao PBX

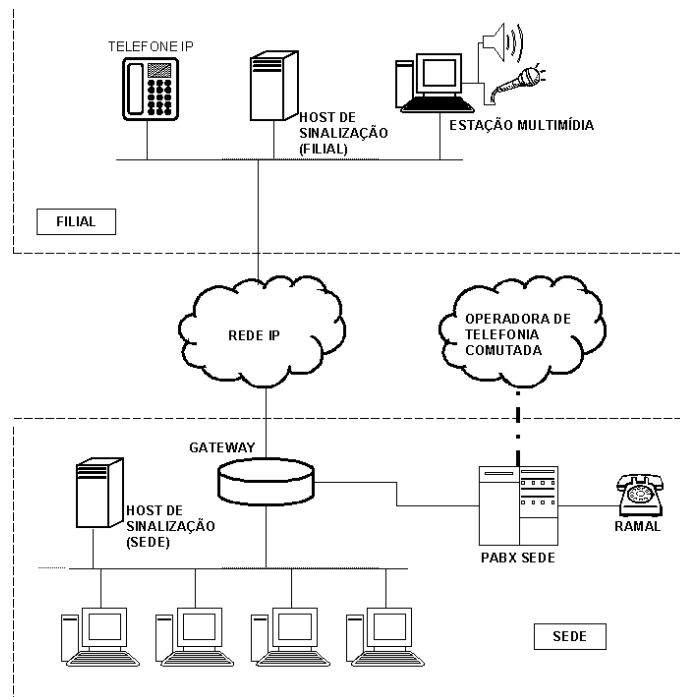


Figura 2.5: Solução de redes convergentes utilizando a arquitetura PC-a-telefone e telefone-a-PC.

da sede, fará a conversão dos pacotes de voz encapsulados em IP para sinal analógico de voz, possibilitando a comunicação interredes.

No sentido contrário, quando um ramal do PBX da sede da empresa desejar se comunicar com um terminal de telefonia IP da filial, ele deverá se contactar primeiro com o *gateway*, ao qual informará o número do terminal de telefonia IP a ser contactado. O *gateway* questionará o *host* de sinalização da sede sobre a localização do número informado. O *host* de sinalização, fazendo uso dos protocolos adequados, estabelecerá uma conexão direta entre *gateway* e terminal de telefonia IP da filial.

Outra situação possível no cenário apresentado é um terminal de telefonia IP desejar se comunicar com um outro terminal IP de outra filial [35]. Nesse caso, retornamos ao cenário de telefonia IP pura, abordado no início desta seção, demons-

trando que os cenários apresentados não são estanques e isolados uns dos outros, mas representam visões parciais de um ambiente de convergência de redes.

O *host* de sinalização de cada base da empresa (sede e filiais) deverá ser configurado para [35]:

- admitir o registro apenas dos terminais de telefonia IP pertencentes àquela filial;
- localizar o *gateway* e/ou os outros *hosts* de sinalização, a fim de estabelecer uma chamada;
- computar duração das chamadas, horário de ligação e telefone de destino, entre outros dados, visando tarifação e/ou geração de relatórios.

A partir da descrição dos três cenários apresentados, notam-se duas funções distintas em um ambiente convergente: o transporte da voz em si e a sinalização para estabelecimento e encerramento de chamadas. É essa última função que será abordada na seção seguinte.

## 2.3 Protocolos de sinalização

Como visto na seção anterior, para se realizar uma chamada em um ambiente VoIP, são necessários protocolos de controle e sinalização para execução de certas tarefas tais como localização do usuário a ser chamado, notificação de chamada, notificação de aceite da chamada, início da transmissão de voz, finalização da transmissão de voz e desconexão. Isto sem levar em consideração os serviços adicionais possibilitados por um ambiente de convergência (*voice mail*, quadro branco para

explicações durante conferência, entre outros). Hoje, no mercado de telefonia IP, dois grandes conjuntos de protocolos concorrem entre si na execução dessas tarefas: o H.323 [21] e o SIP [31].

Nas seções a seguir, serão abordados, em termos gerais, esses dois protocolos de sinalização. O objetivo é apresentar ao gerente de redes os conhecimentos básicos acerca desses protocolos. Uma análise detalhada deles é feita em [18, 34].

## 2.4 H.323

O padrão H.323 provê uma base para comunicação não só de dados e áudio, mas também de vídeo através de redes de pacotes comutados (onde se destaca, particularmente, a tecnologia IP). Por ter sido o precursor da telefonia IP, é o protocolo de comunicação mais difundido atualmente e ainda influencia fortemente na concepção dos sistemas de telefonia IP [5]. Definido pela Recomendação H.323 [21] da ITU-T, esse padrão é uma recomendação “guarda-chuva” que agrupa padrões para comunicação multimídia sobre redes que não provêm qualidade de serviço (QoS).

O padrão é considerado um protocolo “guarda-chuva” porque define todos os aspectos para transmissão de chamadas, do estabelecimento da chamada à troca de disponibilidade de recursos da rede através de diversos padrões auxiliares da família de Recomendações ITU-T (ver Figura 2.6) [15, 21]:

- **H.225** - Exerce funções de controle de chamada (RAS), estabelecimento de chamada e sincronização dos dados;
- **H.235** - Protocolo de segurança (autenticação, integridade, privacidade);
- **H.245** - Responsável pela comunicação das capacidades dos terminais;

- **H.450** - Responsável por serviços suplementares (chamada em espera, transferência de chamadas, etc.);
- **H.246** - Para interoperação com serviços de comutação de circuitos (RTPC);
- **H.332** - Para o estabelecimento de conferências de grande dimensão;
- **H.26x** - Codificadores de vídeo (H.261 e H.263);
- **G.7xx** - Codificadores de áudio (G.711, G.723, G.729, G.728, entre outros);
- **T.12x** - Serviços de dados;

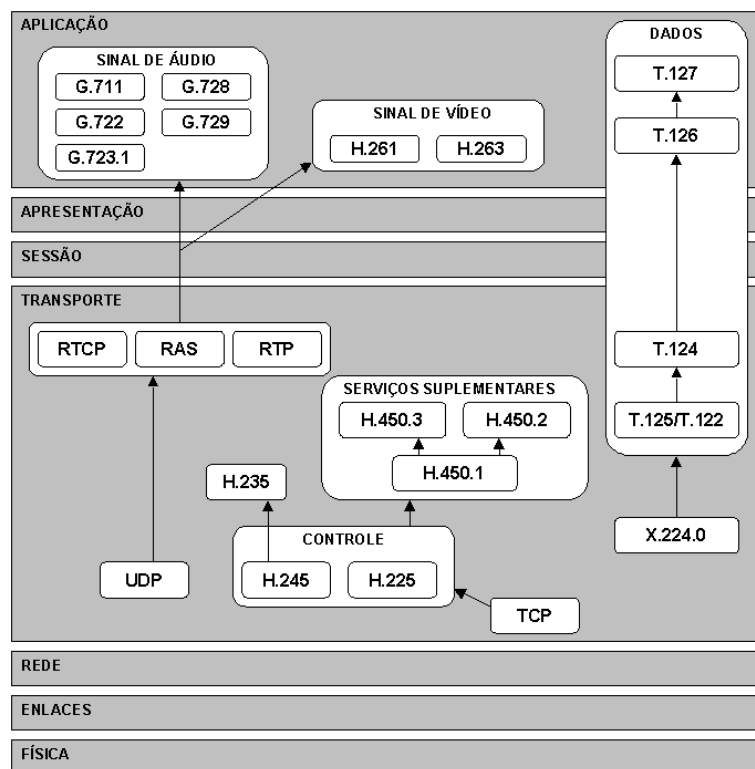


Figura 2.6: *Protocolos do H.323 em relação ao modelo OSI (Fonte: [30]).*

Observando a Figura 2.6, verificamos que os protocolos RTP, RTCP e RAS utilizam, na camada de transporte, de protocolo não orientado a conexão - UDP (*User Data Protocol*) para transporte do fluxo de voz e vídeo. Por outro lado, a



dupla H.245/H.225 se utiliza de protocolo orientado a conexão - TCP (*Transmission Control Protocol*) para o transporte de mensagens de controle e sinalização.

### 2.4.1 Elementos do H.323

A Recomendação H.323 especifica, ainda, os elementos que compõem uma rede de telefonia IP. Estes elementos aparecem na Figura 2.7 e podem ser definidos como se segue [15, 18, 21, 35]:

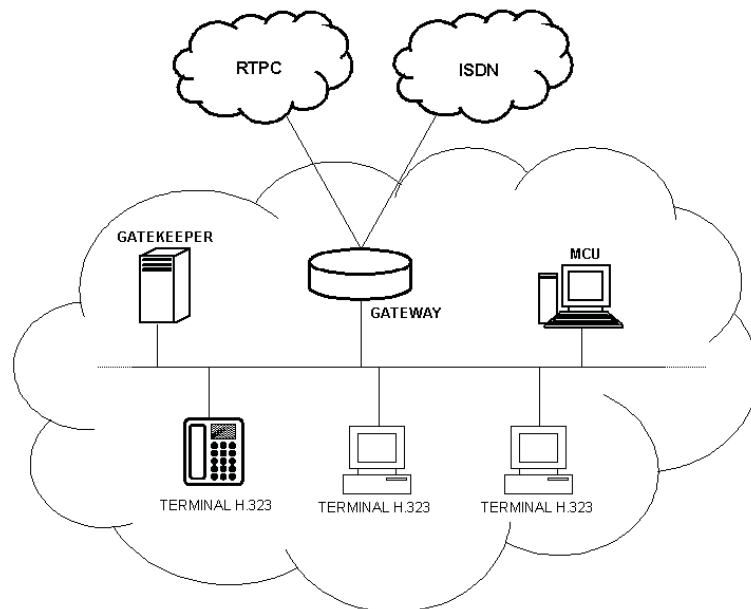


Figura 2.7: *Arquitetura de rede e componentes H.323.*

- **Terminal H.323:** dispositivo onde está implementado o serviço de telefonia IP, atuando como terminal de voz, vídeo e dados, através de recursos multimídia. Pode ser um telefone IP ou estação multimídia, como na Figura 2.5.
- **Gateway H.323:** elemento situado entre uma rede IP e uma outra rede de telecomunicações, como por exemplo o sistema telefônico público convencional (RTPC) ou corporativo (PBX), a rede integrada de serviços digitais (ISDN), a

rede de telefonia celular, entre outras, de forma a permitir a interoperabilidade entre as duas redes. É responsável por traduzir os formatos da transmissão e os procedimentos de comunicação. Em alguns casos, tem ainda a capacidade de conversão entre diferentes codificadores de voz ou entre protocolos de sinalização (SIP/H.323).

- **Gatekeeper:** é o componente de controle de uma determinada zona, efetuando tradução de endereços e o controle de acessos à zona. Esta pode ser definida como um conjunto de componentes H.323 existentes em uma rede ou em um conjunto de redes interligadas, com a particularidade de serem todos controlados pelo mesmo *gatekeeper* [18, 35]. Os *gatekeepers* podem ainda disponibilizar serviços extras, como por exemplo, gestão de largura de banda utilizada pelos terminais, pelos *gateways* e pelos MCUs (*Multi-point Control Unit*), ou localização de *gateways*. Trata-se de um componente opcional na arquitetura H.323, mas, quando presente, deve ter registados os equipamentos terminais a ele associados. Além das funções descritas, o *gatekeeper* executa controle da sinalização e gestão das chamadas. Na seção 2.4.2 a seguir, essas funções do *gatekeeper* serão descritas em detalhe.
- **Unidade de controle de Multiponto (MCU):** provê facilidades para três ou mais terminais e/ou *gateways* participarem em uma conferência multiponto.

Não se faz necessária a implementação de todos estes elementos para efetuar uma comunicação em ambiente de telefonia IP. Podemos, utilizando apenas dois terminais H.323, estabelecer comunicação de voz, vídeo e dados. Os outros elementos permitem gerenciamento da chamada e interconexão com outras redes.

### 2.4.2 Controle e sinalização do H.323

O H.323 fornece três protocolos de controle e sinalização de chamada [21,27]:

- **H.225/Q.931:** proporciona a sinalização para o controle das chamadas;
- **H.225.0 RAS (*Registration, Admission and Status*):** para realizar uma chamada de um emissor para um receptor; e
- **H.245:** utilizado para negociar o fluxo de dados multimídia após o estabelecimento da chamada.

A seguir, cada um dos protocolos de controle e sinalização é descrito de forma mais detalhada.

#### RAS

O canal RAS é utilizado para estabelecer a comunicação entre os terminais e o *gatekeeper*. Como as mensagens RAS são enviadas via UDP (protocolo da camada de transporte não orientado à conexão), então são estabelecidos *timeouts*.

Os procedimentos definidos pelo canal RAS são [18,21,35]:

- **Descoberta do *gatekeeper*.** É o processo utilizado por um terminal H.323 para descobrir a qual *gatekeeper* deve se registrar. O terminal envia em *multicast* uma mensagem GRQ (*Gatekeeper Request*), perguntando a qual *gatekeeper* deve se registrar. Um ou mais *gatekeepers* podem responder com a mensagem GCF (*Gatekeeper Confirmation*), indicando a disponibilidade para ser o *gatekeeper* para aquele terminal. Os *gatekeepers* que não queiram fazer o registro de terminais enviam uma mensagem de rejeição GRJ (*Gatekeeper*

*Reject*). A mensagem de aceitação do terminal por parte do *gatekeeper* inclui o endereço de transporte para o canal RAS do *gatekeeper*. Se nenhum *gatekeeper* responder durante um determinado período de tempo (*timeout*), o terminal retransmite a mensagem GRQ. A Figura 2.8 mostra um exemplo desse tipo de processo.

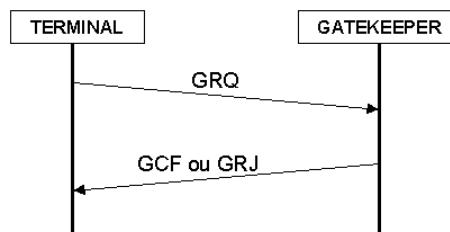


Figura 2.8: Processo de descoberta do *gatekeeper*. Fonte: [21].

- Registro do Terminal.** É o processo pelo qual um terminal se integra em uma zona e informa ao *gatekeeper* seu endereço de transporte e seu endereço *alias*. Todos os terminais normalmente se registram no *gatekeeper* que descobriram através do processo anteriormente descrito. Tal registro é feito através de um pedido de registro RRQ (*Registration Request*) endereçado ao canal RAS do *gatekeeper*. O *gatekeeper* responde com a confirmação do registro com um RCF (*Registration Confirmation*) ou com uma rejeição do registro RRJ (*Registration Reject*). A Figura 2.9 ilustra um exemplo de registro do terminal. Um terminal pode cancelar o seu registro ao enviar o respectivo pedido URQ (*Unregister Request*), e o *gatekeeper* responde com a confirmação de cancelamento de registro UCF (*Unregister Confirmation*). Um *gatekeeper* também pode cancelar o registro de um terminal, enviando uma mensagem URQ, e o terminal responde com a mensagem UCF. A Figura 2.10 mostra esses dois

casos possíveis para pedido de cancelamento de registro de um terminal em uma zona H.323.

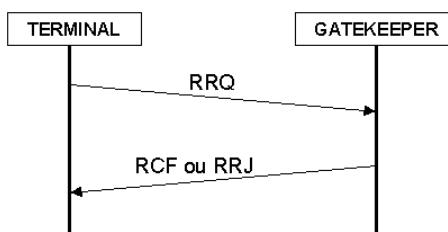


Figura 2.9: *Processo de registro de um terminal H.323 com um gatekeeper. Fonte: [21].*

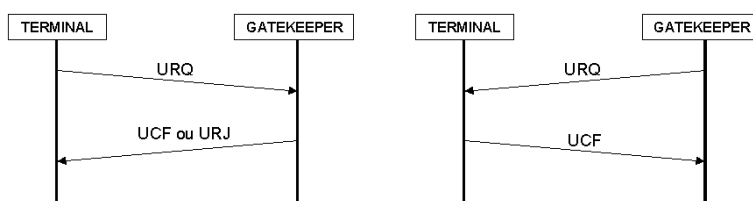


Figura 2.10: *Processo de cancelamento de registro de terminal H.323 em um gatekeeper. Fonte: [21].*

- Localização de um terminal.** Um terminal ou um *gatekeeper* que possuem um endereço *alias* de um outro terminal e que gostariam de determinar a sua localização podem enviar um pedido de localização LRQ (*Location Request*). O *gatekeeper* onde o terminal está registrado responde com uma mensagem de confirmação LCF (*Location Confirmation*), contendo a informação sobre a localização do terminal chamado ou do *gatekeeper* do terminal chamado. Todos os *gatekeepers* nos quais o terminal chamado não está registrado respondem, por sua vez, com um LRJ (*Location Reject*), caso tenham recebido o LRQ no canal RAS. A Figura 2.11 ilustra esse processo.

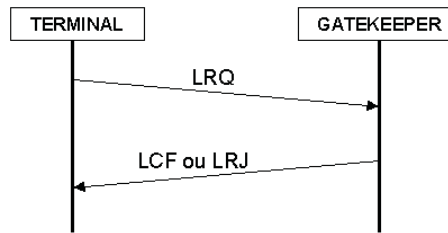


Figura 2.11: *Processo de localização de um terminal H.323. Fonte: [21].*

- **Mensagens.** O canal RAS é também utilizado para a transmissão de mensagens de admissão, mudança de largura de banda, status e desligamento. Essas mensagens são trocadas entre um terminal e um *gatekeeper* e utilizadas para o controle da admissão e gestão da largura de banda. Os pedidos de admissão ARQ (*Admission Request*) especificam o pedido de alocação largura de banda. O *gatekeeper* pode reduzir a largura de banda requisitada em uma mensagem ACF (*Admission Confirmation*). A Figura 2.12 exemplifica esse processo de admissão. Um terminal ou um *gatekeeper* podem tentar modificar a largura de banda de uma chamada usando um pedido BRQ (*Bandwidth Request*).

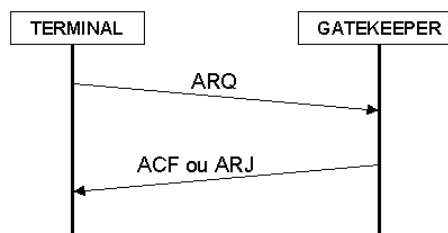


Figura 2.12: *Processo de admissão à rede H.323. Fonte: [21].*

### Sinalização da chamada H225.0

O canal de sinalização de chamada do H.323 é utilizado para transportar mensagens de controle H.225. Em redes que não possuem um *gatekeeper*, as mensagens de sinalização de chamada são passadas diretamente do terminal emissor para

o terminal receptor usando o endereço de transporte de sinalização de chamadas. Em redes onde existe o *gatekeeper*, a troca de mensagens de admissão iniciais ocorre entre o terminal receptor e o *gatekeeper* usando o endereçamento RAS do *gatekeeper*. A chamada de sinalização é feita sobre o protocolo TCP (entrega confiável).

### H.245 Controle dos dados multimídia

H.245 é o protocolo de controle dos dados multimídia que o sistema H.323 utiliza após o estabelecimento de uma chamada. O protocolo H.245 é utilizado para negociar e estabelecer todos os canais multimídia transportados pelo RTP/RTCP. As funcionalidades oferecidas por ele são [21, 27]:

- **Determinação do mestre e escravo:** H.245 nomeia um controlador de multiponto (MC - *Multipoint Controller*), que é o responsável pelo controle central nos casos em que a chamada é estendida a uma conferência.
- **Troca de capacidades:** H.245 é utilizado para negociar capacidades quando uma chamada é estabelecida. Esta troca de capacidades pode acontecer em qualquer momento durante uma chamada, possibilitando, portanto, renegociações a qualquer momento.
- **Controle do canal multimídia:** Após os terminais de uma conferência terem trocado capacidades, estes podem abrir e fechar canais lógicos de mídia.
- **Controle de conferência:** Nas conferências o H.245 fornece aos terminais conhecimento mútuo e estabelece entre eles o fluxo de dados multimídia.

### 2.4.3 Estabelecimento de uma chamada H.323

O processo de estabelecimento de uma chamada H.323, ilustrado na Figura 2.13, segue um conjunto de passos, padronizados em [21], os quais descrevemos a seguir [12, 18, 35]:

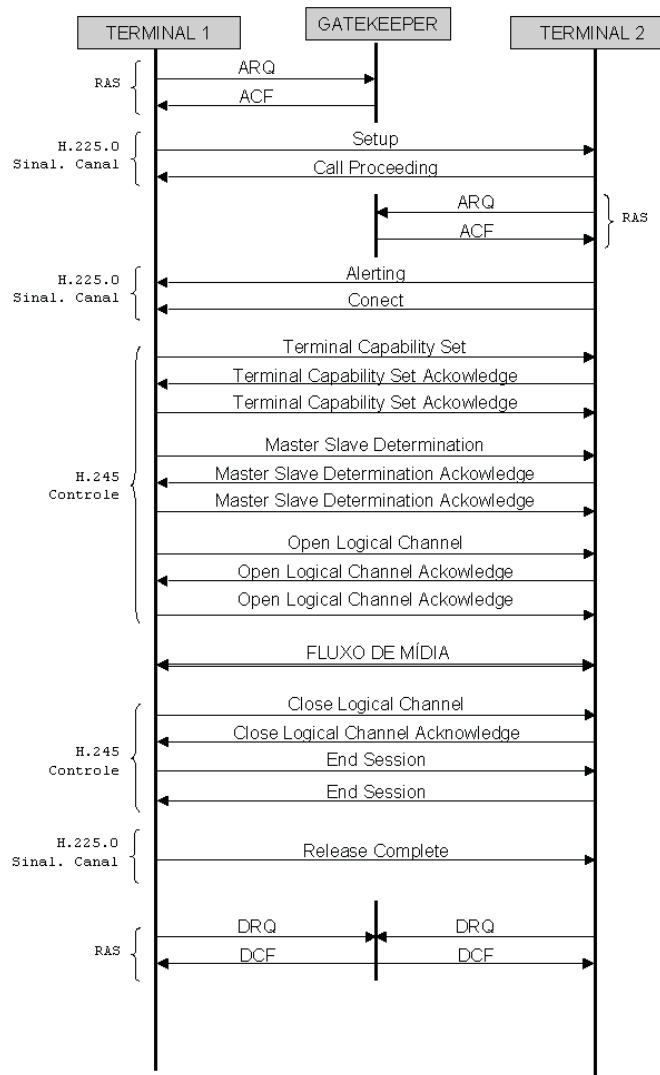


Figura 2.13: Estabelecimento de uma chamada VoIP através do protocolo H.323. Fonte: [21].

1. O terminal H.323 chamador registra-se em um *gatekeeper* de sua zona (considerando que o procedimento de localização do *gatekeeper* descrito na Figura 2.8 já foi realizado);



2. O *gatekeeper* retornará o endereço de transporte do canal de sinalização da chamada na mensagem ACF;
3. O terminal originador da chamada envia uma mensagem de *setup* utilizando o endereço de transporte informado;
4. Se o terminal de destino deseja aceitar a chamada, ele inicia uma troca de mensagens ARQ/ACF com o *gatekeeper*. É possível que um ARJ seja enviado do *gatekeeper* ao terminal de destino, o qual, nesse caso, enviará uma mensagem *Release Complete* ao terminal de origem;
5. O terminal de destino responde com um tom de discagem (*Alerting*) e com a mensagem *Connect*, a qual contém um endereço de transporte do canal de controle H.245 para ser utilizado na sinalização H.245 da próxima fase;
6. Os terminais de origem e destino trocam entre si informações de capacidades, determinam quem será o terminal mestre e escravo e abrem um canal lógico para troca do fluxo de mídia;
7. A voz é trocada entre os terminais, através do protocolo RTP;
8. O terminal de origem envia uma mensagem para encerramento da sessão (o terminal de destino também poderia ter enviado tal mensagem);
9. O terminal 1 envia uma mensagem de *Release Complete* para confirmar o terminal 2 sobre o encerramento da chamada;
10. Ambos os terminais desfazem seus registros com o *gatekeeper* através das mensagens DRQ (*Disengage Request*) e DCF (*Disengage Confirmation*).

## 2.5 SIP

O protocolo de sinalização SIP, definido na RFC 3261 [31], é utilizado para iniciar, modificar e terminar sessões multimídia. As aplicações atuais do SIP estão direcionadas para as sessões interativas de multimídia, tais como chamadas telefônicas ou conferências multimídia, mas o SIP pode ser utilizado em sistemas de mensagens instantâneas, notificação de acontecimentos, ou na gestão de outros tipos de sessão, como por exemplo jogos distribuídos [5, 18, 34, 35].

No estabelecimento de sessões, o SIP comporta-se como um protocolo de sinalização, oferecendo serviços similares aos protocolos de sinalização utilizados no serviço telefônico, como por exemplo o Q.931 ou o H.323 (vistos na seção anterior), mas em um contexto Internet. O SIP difere dos protocolos anteriormente utilizados na rede telefônica pelo fato de não fazer reserva de recursos [5, 12, 18, 34, 35].

O SIP baseia-se em outros protocolos já conhecidos como é o caso do SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) e HTTP (*Hiper Text Transport Protocol*). Tal como estes, o SIP é um protocolo textual, baseado no sistema cliente/servidor, em que o cliente elabora um pedido que é enviado ao servidor, que responde o pedido. Um pedido evocará um método no servidor e este pode ser enviado sobre TCP ou UDP [5, 12, 18, 34, 35].

### 2.5.1 Componentes do SIP

Na arquitetura SIP, existem dois componentes básicos: agentes usuários e servidores [5, 12, 18, 34, 35].

- **Agente usuário.** É um sistema que atua em nome de um usuário. Pode ser um PC, laptop, telefone celular, PDA ou qualquer outro dispositivo conectado à rede. É formado por dois módulos: o **agente usuário cliente** - UAC, responsável em gerar requisições e o **agente usuário servidor** - UAS, responsável em responder as requisições. Os dois módulos são sempre obrigatórios para todo cliente.
  
- **Servidores.** Existem três tipos de servidores SIP:
  - **registrar:** recebe atualizações da localização dos usuários na rede;
  - **proxy:** recebe requisições e as encaminha para outros servidores que contenham informação mais precisa sobre a localização do usuário chamado;
  - **redirecionamento:** também recebe requisições, mas no lugar de encaminhá-las para outros servidores, retorna o endereço do servidor para o qual a requisição deverá ser direcionada.

### 2.5.2 Endereçamento SIP

Para haver uma maneira do destinatário ser contactado, deve existir uma forma de localização do mesmo. Os componentes da arquitetura SIP são identificados por um identificador URI (*User Resource Identifier*) [12, 18, 34].

O identificador URI utilizado pelo SIP é semelhante a um identificador tradicional de *e-mail* (`utilizador@host`), onde `utilizador` pode ser um nome ou um número de telefone e `host` pode ser um domínio ou um endereço de rede numérico, por exemplo:

- `sip:joao@pmm.am.gov.br`

- sip:guilherme@176.7.6.1

### 2.5.3 Mensagens SIP

As mensagens SIP são codificadas utilizando a sintaxe da mensagem HTTP/1.1 (RFC 2068) [18] e podem ser de dois tipos: requisições (*requests*) e respostas (*responses*) [12, 18, 34]. As linhas são terminadas com CRLF (*Carriage Return, Line Feed*).

As mensagens SIP têm a seguinte constituição [12, 18, 34]:

- linha inicial (do tipo requisição ou resposta);
- cabeçalho;
- uma linha separadora em branco; e
- corpo da mensagem (opcional).

A linha inicial contém a URI do agente usuário de destino, a versão do SIP utilizada, o método utilizado (no caso de requisições) ou código de status (no caso das respostas).

As mensagens utilizam os cabeçalhos para especificar parâmetros tais como: emissor, destinatário, caminho, tipo e comprimento do corpo da mensagem, etc. Alguns cabeçalhos são utilizados em todas as mensagens, outros, quando apropriado. Na Tabela 2.1 são apresentados alguns dos cabeçalhos fundamentais [12, 18, 34].

A utilização do campo de URI na linha inicial simultaneamente com o campo de cabeçalho *To* pode parecer uma redundância, porém, enquanto o URI pode ser alterado à medida que a mensagem é passada à frente ou é redireccionada, o valor do campo *To* mantém-se constante [12, 18, 34].

Tabela 2.1: *Cabeçalhos SIP mais comuns (Fonte: [12, 18]).*

Nome do cabeçalho	Função
From	Indica quem iniciou a requisição (usuário chamador)
To	Especifica o receptor da requisição (usuário chamado)
Subject	Indica o assunto da chamada
Call-ID	Identifica univocamente a chamada em curso
Cseq	(Command Sequence) indica o número de seqüência da requisição dentro de uma chamada
Contact	Lista endereços onde o usuário pode ser contatado
Content length	Indica quantos bytes há no corpo da mensagem
Content type	Indica o tipo de informação que a mensagem contém
Require	Utilizado para a negociação de protocolo a ser utilizado como extensão ao SIP
Via	Indica o caminho percorrido pelo pedido

O campo de cabeçalho *Contact* permite que a comunicação entre o terminal originador da chamada e o terminal de destino passe a ser feita diretamente, sem a intervenção dos servidores *proxy*, depois de concluída a fase de estabelecimento da chamada [12, 18, 34].

O campo *Via* do cabeçalho de uma requisição SIP vai sendo atualizado à medida que a requisição atravessa vários servidores *proxy*. Assim, sempre que um servidor reenvia uma requisição, ele deverá adicionar o seu endereço ao início da lista do campo *Via* [12, 18, 34].

O corpo da mensagem SIP pode conter qualquer caracter, pois o protocolo foi desenvolvido de forma independente do conjunto de caracteres que poderá transportar [12, 18, 31]. Para que a sinalização seja mais segura, podem ser utilizados mecanismos de criptografia e autenticação [12, 18].

Vejam agora quais são os tipos de requisições e de respostas que podem ser transportadas pelas mensagens SIP [12, 18, 34]:

- **Mensagens de requisição.** Os pedidos SIP são enviados do terminal cliente

para o terminal servidor. Os principais métodos para se fazer isso são [31]:

- **INVITE** - utilizado para convidar um usuário para uma chamada;
  - **BYE** - utilizado para interromper uma chamada;
  - **ACK** - enviado pelo terminal cliente para confirmar que recebeu uma resposta final do servidor;
  - **CANCEL** - cancela uma sessão ainda não completamente estabelecida;
  - **REGISTER** - registra a localização atual dos clientes nos servidores registrar; e
  - **OPTIONS** - solicita informações sobre as capacidades do terminal receptor da mensagem;
- **Mensagens de resposta.** Um servidor SIP responde a um pedido SIP com uma ou mais respostas SIP. A maioria das respostas (1xx,2xx,3xx,4xx,5xx e 6xx) são respostas finais e finalizam a transação SIP. As respostas 1xx são provisórias e não finalizam a transação SIP. A primeira linha de uma resposta SIP sempre contém um código de status e uma frase de justificativa inteligível para humanos. A maior parte da seção de cabeçalho é copiada a partir da mensagem de requisição original. Dependendo do código de status, pode haver campos de cabeçalhos adicionais. Em [31] são definidas seis categorias de códigos de status, dependendo do primeiro dígito. A Tabela 2.2 mostra alguns exemplos desse tipo de mensagem SIP.
- **1xx - informativo:** Diz ao terminal receptor que a requisição associada foi recebida, mas ainda não processada;

- **2xx - sucesso:** É a última resposta que terminal originador da requisição receberá;
- **3xx - redirecionamento:** Dá informações sobre a nova localização do usuário ou serviço alternativo que o originador possa utilizar;
- **4xx - erro de cliente:** Significa que o problema está com o emissor (exemplo: sintaxe ruim);
- **5xx - erro no servidor:** A requisição é válida, mas o servidor falhou em executá-la e o cliente deve tentar mais tarde; e
- **6xx - erro global:** Enviada por servidores que têm informações concretas sobre um terminal em particular;

#### 2.5.4 Operação básica do SIP

A troca de mensagens para estabelecimento e encerramento de uma chamada SIP típica entre dois clientes, utilizando um servidor *proxy*, segue as seguintes etapas básicas [12, 18, 34]:

1. Um agente usuário (UAC), chama outro agente usuário (UAS), de endereço conhecido, enviando uma mensagem INVITE a um servidor *proxy*.
2. O servidor *proxy* aceita a requisição INVITE oriunda do cliente (UAC). Este servidor identifica a localização usando o endereço fornecido e serviços de localização.
3. Uma requisição INVITE é enviada ao endereço fornecido.

Tabela 2.2: *Categorias de respostas SIP (Fonte: [12, 18]).*

Classe de resposta	Código	Explicação
Informativo	100	Tentando
	180	Chamando
	181	A chamada está sendo retransmitida
	182	Colocando na fila
Sucesso	200	OK
Redirecionamento	300	Múltiplas escolhas
	301	Movido permanentemente
	302	Movido temporariamente
	305	Utilize <i>proxy</i>
	380	Serviço alternativo
Erro de cliente	400	Pedido inválido
	401	Não autorizado
	402	Pagamento necessário
	403	Proibido
	404	Não encontrado
	405	Método não permitido
	406	Não aceitável
	407	Autenticação no <i>proxy</i> necessária
	408	Tempo para pedido esgotado
	409	Conflito
	410	Não mais presente
	411	Necessário oferecer comprimento
	413	Corpo da mensagem de pedido muito grande
	414	URI de pedido muito grande
	415	Tipo de mídia não suportado
	420	Extensão inválida
Erro de servidor	480	Temporariamente não disponível
	484	Endereço incompleto
	500	Erro interno do servidor
	501	Não implementado
	502	Gateway inválido
Falha global	503	Serviço não disponível
	504	Tempo esgotado no gateway
	505	Versão SIP não suportada
Falha global	600	Ocupado em todos os lugares
	603	Declinação
	604	Não existem em lugar nenhum
	606	Não aceitável



4. O agente usuário chamado alerta o usuário e retorna uma indicação de sucesso ao *proxy* server responsável pela requisição.
5. Uma mensagem resposta OK (200) é enviada do servidor *proxy* para o agente usuário iniciador da chamada.
6. O usuário chamador confirma o recebimento da resposta endereçando uma requisição ACK, que é encaminhada pelo *proxy* ao agente usuário chamado ou é enviada diretamente ao mesmo.
7. O fluxo de mídia começa a ser trocado entre os dois agentes usuários, sem necessidade do servidor *proxy* como intermediário.
8. Para finalizar a chamada, uma das partes envia uma requisição BYE, a qual é respondida com um OK (200).

As Figuras 2.14 e 2.15 apresentam um exemplo da operação descrita acima.

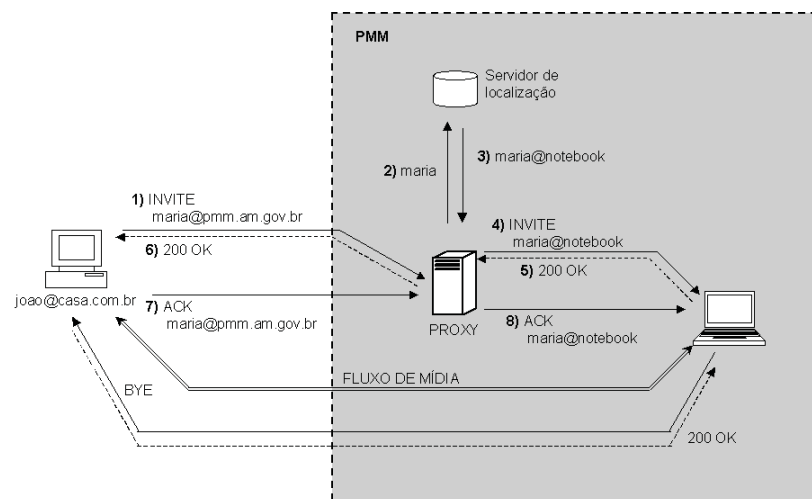


Figura 2.14: Exemplo de chamada SIP utilizando um servidor proxy.

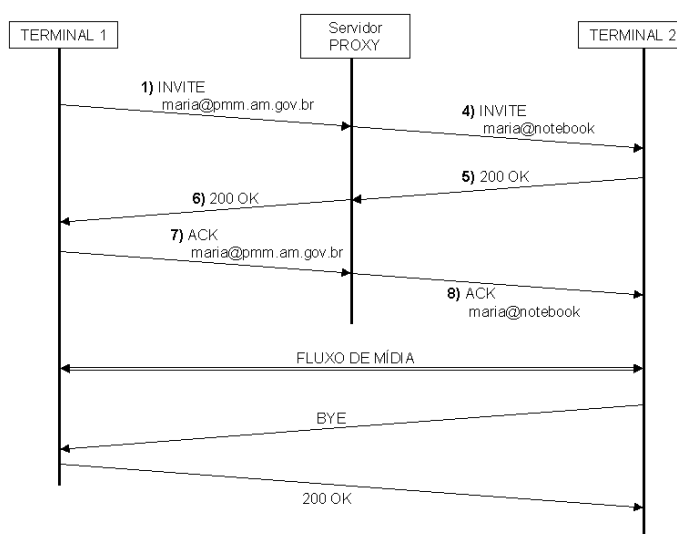


Figura 2.15: Mesmo exemplo da Figura 2.14, mas representado em forma de diagrama.

## 2.6 Comparação entre H.323 e SIP

Na Tabela 2.3 apresentam-se resumidamente algumas das características dos protocolos de sinalização H.323 e SIP, em um formato comparativo.

Embora seus conjuntos de características sejam semelhantes, os dois protocolos diferem extremamente na filosofia. O H.323 é um padrão pesado, típico da indústria de telefonia comutada, especificando a pilha de protocolos completa e definindo com precisão o que é permitido e o que é proibido. Essa abordagem leva a protocolos muito bem definidos em cada camada, facilitando a tarefa de interoperabilidade. O preço pago é um padrão grande, complexo e rígido, difícil de adaptar a aplicações futuras [36].

O SIP, ao contrário, é um protocolo típico da Internet e funciona permutando pequenas linhas de texto ASCII (*American Standard Code for Information Exchange*). É um módulo leve que interopera bem com outros protocolos da Internet, mas não muito bem com os protocolos de sinalização do sistema telefônico

Tabela 2.3: Comparação entre o SIP e o H.323 (Fonte: [15, 35, 36]).

Item	H.323	SIP
Filosofia	desenvolvido para gerenciar chamadas de voz, multimídia e serviços suplementares através de recomendações específicas para cada tipo de serviço	desenvolvido para estabelecer uma sessão entre dois terminais, sem nenhum relacionamento específico com algum tipo de mídia
Projetado por	ITU	IETF
Compatibilidade com PSTN	sim	ampla
Compatibilidade com a Internet	não	sim
Arquitetura	monolítica	modular
Completeza	pilha de protocolo completa	lida apenas com configuração
Negociação de parâmetros	sim	sim
Sinalização de chamadas	Q.931 sobre TCP	SIP sobre TCP ou UDP
Formato de mensagens	binário	ASCII
Transporte de mídia	RTP/RTCP	RTP/RTCP
Chamada de vários participantes	sim	sim
Conferências de multimídia	sim	não
Endereçamento	URL ou número de telefone (E.164)	URL
Término de chamadas	explícito ou encerramento por TCP	explícito ou por <i>timeout</i>
Transmissão de mensagens instantâneas	não	sim
Criptografia	sim (H.235)	sim (SSL, PGP)
Tamanho da documentação	1400 páginas	250 páginas
Implementação	grande e complexa	moderada
Escalabilidade	não muito escalável	altamente escalável
Status	extensamente distribuído	boa perspectivas de êxito

existente. Pelo fato de o modelo de voz sobre IP da IETF ser altamente modular, ele é flexível e pode ser adaptado com facilidade a novas aplicações. A desvantagem do SIP reside nos problemas potenciais de interoperabilidade, embora estes sejam tratados em encontros freqüentes, nos quais diferentes implementadores se reúnem para testar seus sistemas [36].

## 2.7 Conclusão

Neste capítulo, foi visto que a convergência de redes representa a integração de serviços antes disponíveis em redes estanques, com o objetivo de aumentar a produtividade das tarefas desenvolvidas em rede e otimizar a manutenção da estrutura física que suporta as ferramentas necessárias para a execução dessas tarefas. Peculiarmente, as redes de voz e de dados são as que mais se destacam nesse cenário de convergência, devido sua penetração no mundo corporativo.

A integração dessas duas redes requer, por sua vez, normatização e padronização de protocolos que garantam a interoperabilidade entre elas. Dessa forma, os dois mais importantes protocolos de sinalização foram abordados: o H.323, da ITU-T, e o SIP, da IETF. O primeiro, fruto da evolução dos sistemas de telefonia tradicional, está implementado na maior parte dos equipamentos que disponibilizam o serviço de voz sobre IP. O último, desenvolvido por profissionais ligados à padronização de protocolos da rede de dados, vem apresentando soluções simples e adaptáveis às mais diversas necessidades de comunicação, desde uma simples ligação entre dois usuários a uma reunião virtual envolvendo troca de voz, dados e vídeo.

## Capítulo 3

# Aspectos de Projeto de Redes Baseadas em VoIP

Em um projeto de convergência de redes, o projetista não deve levar em consideração tão somente a topologia dos equipamentos, tal como abordado no capítulo anterior. Essa é apenas uma primeira preocupação, que desaparece quando a rede está fisicamente implantada. De outro lado, temos o cotidiano de um sistema de comunicação, cuja confiabilidade deve ser alta. Dessa forma, a manutenção desse sistema deve seguir certos requisitos para atingir tal meta e se os equipamentos são bem especificados na fase de projeto, a manutenção dos mesmos é facilitada.

Por isso, neste capítulo, abordaremos alguns aspectos que afetam a qualidade de serviço em sistemas de comunicação baseados na voz sobre IP.

Como a redução dos custos com telecomunicações afetam na receita das empresas operadoras de telefonia, abordaremos, ainda, alguns aspectos legais concernentes ao uso de voz sobre IP no ambiente corporativo.

Finalmente, levantaremos os principais riscos e desafios a serem considerados em um projeto de implantação de voz sobre IP em uma rede metropolitana (MAN).

## 3.1 Aspectos de qualidade de serviço

Nesta seção, listaremos os principais aspectos que afetam a qualidade de serviço de uma comunicação VoIP e os mecanismos de compensação utilizados para minimizar seus efeitos. Com isso em mente, o gerente encarregado pela implantação de redes VoIP terá o embasamento necessário para a escolha de equipamentos oferecidos no mercado observando as especificações de QoS dos fabricantes.

Em sistemas de VoIP, deve-se buscar constantemente a manutenção de um nível aceitável de qualidade e de inteligibilidade da voz final, tal como percebida pelos usuários. Isso é especialmente importante considerando-se que os usuários dos sistemas de telefonia comutada estão acostumados com um alto nível de qualidade de serviço devido ao uso de canais dedicados. Assim, idealmente, a utilização do protocolo IP para transporte da voz em canais compartilhados não deve ser percebida pelos usuários (transparência).

Apesar das vantagens já citadas na Seção 2.1 da transmissão da voz sobre uma rede de pacotes, algumas dificuldades são inerentes ao sistema de transporte de dados, impondo restrições à operação em tempo real [5]. Pode-se citar, entre elas:

- atraso fim-a-fim;
- perda de pacotes;
- perdas devido à codificação;
- *clipping* (relacionado a detetores de atividade de voz);
- problemas com interfaces e equipamentos de som;

Como são diversos os problemas que afetam a qualidade da fala transmitida

em uma rede VoIP, não existe um processo isolado, mas sim processos conjugados para resolvê-los. Veremos a seguir os fatores que ocasionam cada restrição arrolada acima e os mecanismos utilizados para compensá-las.

### 3.1.1 Atraso fim-a-fim

O **atraso fim-a-fim**, ou atraso de ida, é o tempo transcorrido entre o momento em que uma amostra de conversação é emitida pelo usuário fonte até o momento em que essa mesma amostra é ouvida pelo usuário destino [2]. Essa definição engloba não só o atraso provocado pelo percurso do pacote de voz na rede TCP/IP, mas também os atrasos na digitalização do sinal de voz, na formação dos pacotes IP e na supressão da variação do atraso (*jitter*).

O **atraso de ida-e-volta** corresponde ao tempo transcorrido entre o momento em que o usuário fonte emite uma conversação, que o usuário de destino recebe essa conversação e então emite uma resposta e o momento em que o usuário fonte recebe essa resposta [3]. Como a rede TCP/IP não é simétrica, o atraso de ida-e-volta não corresponde ao dobro do atraso fim-a-fim.

Pacotes com atrasos de ida-e-volta superiores a certos limites pré-estabelecidos são considerados perdidos em sistemas de voz sobre IP. A Recomendação ITU-T G.114 [20] estabelece esse limite em 300 ms. A telefonia convencional comutada tipicamente não inclui atrasos maiores do que 150 ms (exceto no uso de canais via satélite), o que é imperceptível para o ouvido humano [20].

Basicamente, existem duas fontes para o atraso fim-a-fim (Figura 3.1) [35]:

- **Atraso de rede:** Tempo necessário para o transporte do pacote pela rede TCP/IP, do terminal origem até o terminal destino. É um tempo variável e que

pode comprometer o sistema. Este tempo é a soma do tempo gasto em todos os roteadores, *firewalls* e *proxys* da rede, além dos sistemas de transmissão dos próprios terminais.

- **Atrasos de formação e de reprodução do pacote:** correspondem, respectivamente, ao tempo necessário para o preenchimento do pacote de voz a ser enviado e para a reprodução dos pacotes recebidos em forma de sinal sonoro no terminal de destino. São geralmente fixos e da ordem de 20 a 30 ms, na formação, e de 50 ms na reprodução [38, 39].

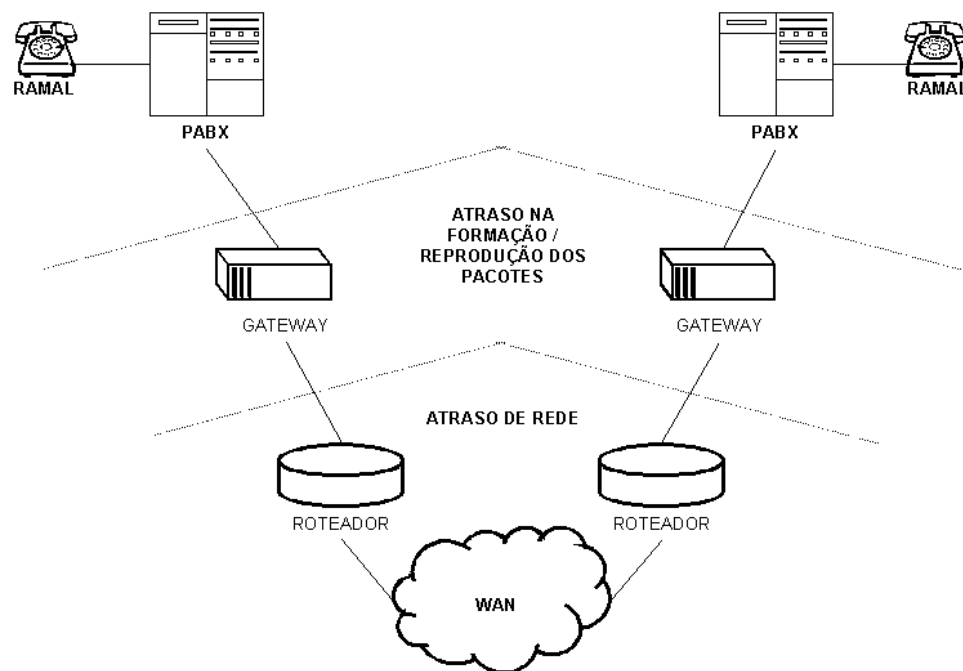


Figura 3.1: *Localização das fontes do atraso fim-a-fim.*

### Atrasos no percurso dos pacotes IP pela rede de dados

Podemos atribuir duas causas principais aos atrasos sofridos pelos pacotes de voz durante o transporte pelos equipamentos de rede localizados entre o transmissor e o receptor de uma conversação VoIP:



- **Atraso de roteamento:** em redes TCP/IP, a rota dos pacotes de um host a outro não está definida *a priori* e pode mudar dinamicamente durante o trajeto de acordo com as condições de carga da rede. A política de melhor esforço (*best-effort*), normalmente utilizada pelos roteadores, não garante cadência de fluxo de dados exigida por aplicações de tempo real, como a voz sobre IP. O método utilizado para solucionar esse problema é a criação de um *buffer* de recepção que irá suavizar a variação do atraso. Esse *buffer* introduz um atraso adicional fixo aos pacotes recebidos da rede, o qual será abordado a seguir.
- **Atraso em *firewalls* e *proxies*:** equipamentos do tipo *firewall* e *proxy* podem ser encontrados ao longo da rede de dados TCP/IP, com a finalidade de adicionar segurança ao sistema. Esses equipamentos, além de adicionarem outros *buffers* ao sistema, têm de verificar o conteúdo do pacote, o que pode adicionar um atraso razoável, a depender do fluxo de dados e da capacidade de processamento de tais equipamentos.

### Atrasos de formação e reprodução do pacote

Sempre existe um processo de formação de um pacote de voz e outro correspondente à reprodução da voz. Esses dois processos podem acontecer no terminal de origem e/ou de destino ou então em um *gateway* correspondente que faça a interface da rede de telefonia comutada com a rede de dados. Podemos apontar três componentes principais para o atraso de formação e reprodução dos pacotes de voz, que, uma vez configurado, é fixo para toda a conversação [18, 35].

- **Atraso de digitalização do sinal de voz.** Abrange basicamente a amostragem e quantização do sinal analógico de voz e a compressão e descompressão do sinal digital resultante. No caso dos *gateways*, um processador interno (DSP - *Digital Signal Processor*) é normalmente dedicado para tais funções. Nos computadores pessoais utilizados para telefonia IP, essas funções são executadas pelo processador central do sistema. Nenhum novo dado pode ser processado até que o quadro em formação pelo codificador de voz esteja completamente cheio. Como a taxa de geração de amostras é normalmente 8 kHz, o tamanho do quadro vai então interferir diretamente no atraso final. Um quadro de 100 amostras vai demorar então 12,5 ms, por exemplo, para ser formado. Além disso, alguns codificadores (ACELP e variações) necessitam de um tempo para prever alguns parâmetros do sinal de voz, a fim de comprimir mais o sinal a ser transmitido, acrescentando assim um atraso de predição nesta fase da comunicação VoIP. A Tabela 3.1 nos mostra os principais codificadores de voz e os correspondentes tempos necessários para formação de um quadro. No Apêndice A desta dissertação, é apresentada uma descrição sumária das técnicas de codificação apresentadas nesta Tabela.

Tabela 3.1: *Valores de tamanhos de quadro para os codificadores de voz mais utilizados (Fonte: [20]).*

Codificador	Referência	Taxa (kbit/s)	Tamanho do quadro (ms)	Atraso de predição (ms)
PCM	G.711	64	0,125	0
ADPCM	G.726	32	0,125	0
LD-CELP	G.728	16	0,625	0
CS-ACELP	G.729a	8	10	5
ACELP	G.723.1	6,3	30	7,5
RPE-LTP	GSM-FR	13	20	0

- **Atraso no empacotamento IP.** Na CPU ou no *gateway*, os quadros de voz digitalizada são então montados em pacotes para serem enviados pela rede. Este processo é feito pela pilha de protocolos TCP/IP. Os quadros de voz digitalizada são encapsulados pelos protocolos RTP, UDP e IP. Sem considerar o protocolo a ser utilizado na camada de enlaces, esses três protocolos são responsáveis por 40 bytes de informações acrescentadas a cada quadro de voz [18,35]. Para um pacote contendo voz no formato G.729, temos então, 40 bytes de cabeçalho para 10 bytes de voz, para transmissão de um único quadro, gerados a cada 8 ms (consultar Tabela 3.1). Isto representa uma eficiência de apenas 20%. Uma opção é a inclusão de vários quadros no mesmo pacote, de forma a aumentar esta eficiência. Isso, porém, implica em um atraso igual ao número de quadros adicionais vezes o tempo de formação do pacote. No caso do G.729, o normal é o transporte de três quadros por pacote IP, o que nos fornece um atraso de  $3 \times 8 = 24$  milissegundos, sem considerar o atraso de predição.
- **Atraso de supressão de *jitter*.** Como já visto, ao contrário dos atrasos de formação de pacotes, os valores dos atrasos de rede variam muito em função da topologia e da intensidade de tráfego, sendo impossível determiná-lo em redes TCP/IP convencionais. Como os pacotes chegam com diferentes valores de atrasos, eles não podem ser desmontados para reproduzir a voz diretamente ao usuário destino, pois, dessa forma, a voz sofreria cortes em função de atrasos maiores. A variação do atraso é conhecida como *jitter* e deve ser tratada para evitar efeitos indesejáveis sobre a voz. Por exemplo, se cada pacote representa

30 ms do fluxo de voz, todos eles deveriam chegar ao terminal com intervalo de 30 ms mais o tempo de propagação pela rede. Porém, devido ao efeito de retardo não-linear da rede, esse intervalo varia e alguns pacotes podem chegar mais atrasados que outros, resultando na interrupção da voz, ou chegar mais adiantados, gerando uma sobreposição da voz. Para a manutenção do fluxo de voz, é necessário um armazenamento de pacotes em um *buffer* por um tempo médio. Esse processo, porém, ocasiona um atraso conhecido como atraso de supressão de *jitter*.

### Controlando o atraso

Controlar o atraso é o ponto chave na tecnologia de voz sobre IP para permitir seu uso em larga escala. Algumas medidas podem ser tomadas no sentido de evitar que o atraso atrapalhe a interatividade das aplicações de voz [35]:

- Uso de equipamentos de rede que possibilitem um controle de qualidade de serviço, seja através da priorização de pacotes ou através da reserva de recursos na rede. Nesse caso, deve-se procurar nas especificações dos possíveis equipamentos a serem adquiridos se os fabricantes oferecem esses mecanismos em seus respectivos equipamentos;
- Verificar a disponibilidade de banda periodicamente, bem como a taxa de perdas e de erros e permitir a mudança dinâmica de codificador de voz utilizado ou a quebra dos pacotes de voz em pacotes menores, de forma a se adaptar às condições da rede. Alguns equipamentos comerciais já oferecem a possibilidade dessa mudança dinâmica;

- Verificar o atraso nos equipamentos que estão fora da área de administração do gerente de redes, como por exemplo a Internet pública e, se necessário, alterar a velocidade dos enlaces para a Internet junto ao provedor do serviço.

### 3.1.2 Perda de pacotes

Redes de dados baseadas no protocolo TCP/IP não garantem a entrega de pacotes. Quando a rede está sobrecarregada, ocorrem congestionamentos e o descarte de pacotes é a solução empregada nos nós para resolver esse problema [15, 27]. As aplicações que são pouco sensíveis ao atraso, como transferência de arquivos, correio eletrônico e acesso *web*, utilizam-se de protocolos do tipo ARQ (*Automatic Repeat Request*), para recuperação da informação perdida, por intermédio de retransmissão de pacotes. Contudo, em aplicações de fluxo contínuo, como voz sobre IP, esse recurso não pode ser utilizado, já que o atraso fim-a-fim assumiria valores inaceitáveis para uma boa qualidade de serviço [15].

Além disso, mesmo que não tenham sido descartados durante o percurso na rede, os pacotes que chegam a seu destino muito atrasados são considerados perdidos e descartados pela aplicação de comunicação de voz.

A perda de pacotes, quando ocorre com uma certa frequência e/ou acima de certo limite, afeta diretamente a qualidade da voz reproduzida no receptor, provocando pausas que são desconfortáveis para quem as escuta. As referências [12, 24, 27] estabelecem esse limite em 5% para toda a comunicação. Quando a taxa de perdas de pacotes vai além desse limite, ocorrem problemas de inteligibilidade que prejudicam consideravelmente a interatividade da conversa.

Para correção do problema, quando a taxa de perda de pacotes é menor que

5%, costuma-se empregar o método de repetir o último pacote [12,35]. Pela Tabela 3.1, um pacote com três quadros de G.729 contém 30 ms de conversa. Assim, um pacote de G.729 perdido não incomoda “o ouvido” do receptor. Tal estratégia deve ser empregada para uma perda isolada. Caso mais de um pacote consecutivo se perca, a aplicação ou o *gateway* deve repetir apenas o último recebido apenas uma vez, permanecendo em silêncio até receber o próximo pacote [12].

Porém, quando a incidência de perdas é grande (acima de 5%), pode-se utilizar técnicas mais refinadas, como a FEC - *Forward Error Correction*, correção de erros antecipada. Alguns *gateways* VoIP têm FEC implementado.

Basicamente, os algoritmos de FEC operam adicionando informação extra a cada pacote, permitindo que o *gateway* do receptor extrapole do último pacote recebido com sucesso e reconstrua o que se perdeu ou o que foi corrompido [27,35].

Com o emprego de FEC, perdas de pacotes de 10 a 20% podem ser absorvidas, ainda produzindo qualidade aceitável de voz [35]. No entanto, esse mecanismo de correção de erros gera consumo extra de banda, devido à redundância de informações transmitidas. Por isso, o gerente de redes deve considerar o uso ou não de FEC na rede de sua instituição ou empresa.

Em [27], encontramos vários outros mecanismos de correção de perdas de pacotes, mas seu estudo detalhado vai além do escopo da presente dissertação.

### 3.1.3 Perdas devido à codificação

No processo de quantização do sinal de voz, há uma distorção do mesmo, pois seriam necessários infinitos níveis de quantização para representar perfeitamente o sinal analógico. Isso é impraticável, pois seriam necessários inúmeros bits para

descrever uma representação tão granularizada.

Os níveis do sinal digitalizado são valores definidos e fixos. Por exemplo, se somente pulsos com décimos de volts forem utilizados, podemos assumir que um sinal analógico de 1,02 V será representado como 1,0 V. Portanto, durante a reprodução, haverá uma pequena distorção entre o sinal original e o sinal reproduzido. Essa diferença chama-se **ruído de quantização** [18].

O ruído de quantização só se torna realmente um problema quando a amplitude do sinal de entrada é baixa [18] e, embora possa ser incômodo, não impede a comunicação telefônica.

Porém, os codificadores de voz, após a quantização do sinal analógico de voz, executam a compressão do sinal quantizado. Dessa forma, ganha-se, por um lado, ao reduzir a largura de banda para transmissão em tempo real do sinal de voz; contudo, por outro lado, perde-se algumas propriedades da voz, tal como o timbre.

Percebe-se, a partir da Tabela 3.1, que codificadores de voz que fazem uso de compressão reduzem o consumo da banda necessária para transmissão da fala. Contudo, além do atraso introduzido, temos também a perda de qualidade da fala, geralmente caracterizada pelo som “metálico” percebido pelas partes envolvidas na comunicação VoIP.

Métodos subjetivos e objetivos são utilizados para mensurar a qualidade dos codificadores de voz e da comunicação como um todo. O gerente de redes pode empregá-los para avaliar a qualidade da fala no sistema de voz sobre IP que administra. Em [7], encontramos uma descrição dos métodos mais utilizados, entre os quais citamos:

- **Pontuação de Opinião Média (MOS)**, baseada em um levantamento estatístico de avaliações feitas individualmente por usuários;
- **Medida Perceptual de Qualidade da Fala (PESQ)**, baseada na comparação objetiva entre o sinal de voz transmitido e o recebido; e
- **Modelo E**, baseado em um método computacional de perdas.

Vejam, a seguir, as principais características desses métodos.

### **Pontuação de Opinião Média (MOS)**

Este método é descrito na Recomendação P.800 da ITU-T [22], a qual descreve métodos e procedimentos que permitem uma avaliação subjetiva da qualidade de transmissão telefônica.

Várias pessoas são recrutadas para ouvir um exemplo de conversa e convidadas a avaliá-lo de acordo com um procedimento de classificação definido.

A recomendação ITU-T P.800 define as seguintes [7, 22]:

- Classificação por categoria absoluta (ACR), cujo resultado é a pontuação de opinião média (MOS);
- Classificação por categoria de degradação (DCR), cujo resultado é a pontuação de opinião média de degradação (DMOS); e
- Classificação por categoria de comparação (CCR), cujo resultado é a pontuação de opinião média de comparação (CMOS)

No procedimento de ACR, os ouvintes-avaliadores escutam amostras de conversação na saída de um sistema de comunicação avaliado, sem comparar com as



amostras de referência [7]. A opinião de cada ouvinte sobre a qualidade absoluta da voz e sobre o esforço exercido para a compreensão da fala é expressa em uma escala de pontuação que varia entre um e cinco, de acordo com a Tabela 3.2. O MOS é calculado pelo processamento estatístico dos resultados individuais.

Tabela 3.2: *Escalas de qualidade da fala e de esforço de compreensão, segundo teste de ACR (Fonte: [22]).*

Pontuação	Qualidade da fala	Esforço necessário para a compreensão do significado
5	excelente	relaxamento completo; nenhum esforço é necessário
4	boa	atenção necessária; não é preciso muito esforço
3	regular	um certo esforço é necessário
2	pobre	muito esforço é necessário
1	péssima	ininteligível, apesar de qualquer esforço empregado

Apesar do procedimento parecer simples, ele deve seguir algumas regras, a fim de produzir resultados confiáveis e reproduzíveis [7, 18]:

- o número total de ouvintes deve ser suficientemente grande para se obter uma margem de segurança estatística;
- pessoas que trabalham diretamente envolvidas com avaliação de desempenho de sistemas de transporte de voz não devem estar entre os ouvintes-avaliadores;
- os ouvintes devem ser corretamente instruídos a respeito da metodologia dos testes, não podendo ter conhecimento prévio das amostras que ouvirá durante os mesmos;
- as amostras de voz a serem reproduzidas nos testes devem ser diversificadas em sexo, idade e sotaque;
- os testes devem ser executados em diversas línguas e conduzidos por organizações diversas e experientes na área; e

- as condições dos experimentos devem estar controladas (volume físico da sala de testes, isolamento de ruídos externos, condições do equipamento utilizado, entre outros).

Apesar das desvantagens citadas acima, o MOS é a medida de referência para os testes de avaliação objetivos, pois ele espelha diretamente a opinião dos usuários finais de um sistema de comunicação [7, 15, 18].

Na Tabela 3.3, encontramos a pontuação MOS para alguns dos codificadores de voz mais utilizados em voz sobre IP (Fonte: [12, 18]).

Tabela 3.3: Pontuação MOS para alguns codificadores de voz.

Codificador	Referência	Pontuação MOS
PCM	G.711	4,1
ADPCM	G.726	3,85
LD-CELP	G.728	3,61
CS-ACELP	G.729	3,7
ACELP	G.723.1	3,9
RPE-LTP	GSM-FR	3,7

### Medida Perceptual de Qualidade da Fala (PESQ)

O PESQ (*Perceptual Evaluation of Speech Quality*) é um método objetivo de avaliação da qualidade da fala que utiliza o conhecimento do funcionamento do sistema auditivo humano para compor uma medida de distorção da voz através de um sistema de comunicação. As distorções mais significativas ao ouvido humano são computadas com maior peso do que aquelas que são quase inaudíveis [7, 15].

Basicamente, uma amostra gravada de voz humana (sinal de referência) é submetida ao sistema de comunicação a ser inspecionado (voz sobre IP, por exemplo). O sinal na saída do sistema (sinal degradado) é gravado e sincronizado no

domínio do tempo com o sinal de entrada antes de serem comparados, a fim de se evitar uma falsa descorrelação devida ao atraso [7]. A seguir, ambos os sinais são transformados para uma representação matemática interna, onde se destacam as características mais sensíveis ao sistema auditivo humano. Finalmente, durante a última fase, o modelamento cognitivo, ocorre efetivamente a comparação entre os sinais de entrada e saída, e uma pontuação é gerada, em uma escala equivalente ao MOS, que varia de 0,5 a 4,5 [7].

O PESQ apresenta precisão aceitável em seus resultados, quando a clareza da voz é afetada pelos seguintes processos ou parâmetros [15]:

- codificadores de forma de onda (exemplos: G.711, G.726 e G.727);
- codificadores paramétricos e híbridos (a partir de 4 kbps) incluindo aqueles de múltiplas taxas de transmissão (exemplos: G.728, G.729 e G.723.1);
- transcodificações (conversão de um formato digital para outro);
- nível do sinal de entrada no codec;
- erros no canal de transmissão;
- efeitos da variação do atraso em testes apenas de escuta;
- perda de pacotes/células com codificadores paramétricos e híbridos
- ruído ambiente no lado transmissor;
- taxa de transmissão nos casos de codificadores com mais de um modo de operação;
- deformações temporais do sinal de áudio.

O PESQ não foi desenvolvido para mensurar o impacto dos seguintes processos ou parâmetros [15]:

- atraso (cancelado pelo alinhamento de tempo);
- níveis de escuta e ganho/atenuação total no sistema (é cancelado pelo alinhamento de nível);
- eco percebido pelo emissor;
- som da própria voz do emissor ouvido por retorno no fone.

As desvantagens do PESQ residem na dificuldade de acesso às duas pontas de um sistema de comunicação e na desconsideração do efeito do atraso. Além disso, o modelamento de como o cérebro humano julga a qualidade de voz ainda não está totalmente definido [7].

A importância desse método reside no fato de representar a consolidação do trabalho de grupos de pesquisa na área de modelamento perceptual do sistema auditivo humano. É o padrão da ITU-T atualmente em vigor [23]. Entre as aplicações comerciais que utilizam o PESQ como método de medição de qualidade, podemos citar o Agilent Telegra VQT [4] .

### Modelo E

O Modelo E foi desenvolvido pelo ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) e encontra-se definido em detalhes no Relatório Técnico do ETSI 250 e nas Recomendações G.107 e G.108 da ITU-T.

Ao contrário do PESQ, o modelo E não compara diretamente um sinal degradado com um de referência. Ele estabelece um método computacional de avaliação da qualidade subjetiva da fala através de um sistema de comunicação, onde cada elemento contribuinte para a degradação na qualidade da fala percebida é associado a um valor numérico denominado "fator de perda". Os fatores de perda são computados pelo modelo E, fornecendo um fator de avaliação  $R$ , de valor entre 0 e 100, que pode ser relacionado a um valor MOS. Uma pontuação próxima de cem indica ótima qualidade de voz, ao passo que pontuações próximas de zero indicam qualidade péssima [7].

O fator  $R$  é obtido pela seguinte expressão [19]:

$$R = R_o - I_s - I_d - I_e + A$$

onde:

$R_o$  representa os efeitos da relação sinal ruído (SNR);

$I_s$  representa as perdas simultâneas ao sinal de voz;

$I_d$  representa as perdas associadas ao atraso fim-a-fim;

$I_e$  representa as perdas associadas à tecnologia associada (o tipo de codec utilizado, no caso da VoIP);

$A$  corresponde ao fator de vantagem, ou fator de expectativa.

No cômputo de  $R_o$ , influenciam o ruído acrescentado pelo circuito e o ruído ambiente nos lados receptor e emissor. Segundo [19], o valor padrão de  $R_o$  é 94,77.

Entre as perdas mais ou menos simultâneas ao sinal de voz, estão a queda em qualidade devido a uma conexão de volume demasiadamente alto, perdas causadas pela interferência da própria voz do locutor ao microfone sobre o fone de ouvido

do mesmo *handset* e a distorção de quantização causada pelos codecs de PCM e ADPCM (as perdas causadas pelos codecs de baixa taxa de bits são computados separadamente na parcela  $Ie$  do fator  $R$ ). Seu valor padrão é 1,43 [19].

$Id$  compreende a soma de perdas devido ao eco no transmissor e no receptor e a perdas relacionadas a um excessivo atraso absoluto da voz.

O valor de  $Ie$  depende do tipo de codificação a baixa taxa de bits e da perda de pacotes no canal de comunicação ou nos *buffers* de jitter. Assim, sua caracterização depende de resultados de testes com cada tecnologia em particular (VoIP, wireless, entre outras).

O fator  $A$  de expectativa é utilizado para definir o grau de tolerância que um usuário médio espera pelo uso uma tecnologia. Para a tecnologia VoIP, seu valor é zero [19].

Desses fatores, os que mais afetam o desempenho da comunicação VoIP são o  $Id$ , que depende do atraso fim-a-fim e o  $Ie$ , que depende do codec utilizado e da taxa de perda de pacotes [7].

Apesar de ser um método computacionalmente simples (todos os elementos que influenciam o cálculo do fator  $R$  encontram-se tabelados na Recomendação ITU-T G.113), o modelo E foi desenvolvido com o objetivo de prover uma estimativa da qualidade de voz durante o planejamento de redes de comunicações. Para medições constantes da qualidade da fala em uma rede já existente, grupos de pesquisa têm estudado métodos de incorporar fatores que reflitam o atraso no cômputo de  $R$  [7]. Existem algumas ferramentas de aplicação comercial para medição da qualidade da fala que utiliza o Modelo E, entre elas o VQmon [10] e o Chariot NetIQ [38].

### 3.1.4 *Clipping*

Em uma conversa típica via telefone, uma das partes fala enquanto a outra ouve. Isso significa que pelo menos 50% da banda do canal bidirecional (*full-duplex*) é desperdiçada [12], tornando na realidade o canal *half-duplex*. Considerando-se as pausas entre as palavras e as sentenças emitidas durante uma conversação, já que os interlocutores pausam momentaneamente o diálogo para formular uma frase, a média de utilização do canal cai para 40% do tempo total de conversação [15,27].

Assim, em um ambiente de voz sobre IP, a utilização de detector de atividade de voz (VAD) poupa largura de banda, que pode ser alocada para outras aplicações, inclusive uma outra conversação VoIP. A detecção e remoção do silêncio não se atém às pequenas pausas entre sílabas ou palavras, mas a períodos geralmente maiores que 150 ms, a depender do idioma falado [18,27].

Cada quadro de voz digitalizada é inspecionado pelo VAD, o qual identifica a presença de atividade de voz ou o silêncio. No primeiro caso, um fluxo de bits resultante da voz codificada é transmitido. No segundo caso, pode-se enviar uma descrição do ruído ambiente ao decodificador remoto, denominada SID (*Silence Insertion Descriptor*) ou pode-se ficar sem transmitir nada ao meio de comunicação. Essa técnica é chamada de transmissão descontínua (DTX) [15,18].

Como o silêncio total pode causar aos usuários a sensação de que a chamada foi interrompida, pode-se melhorar a percepção da voz pelo usuário receptor com o uso de mecanismos de geração de ruído de conforto (CNG) [18,35]. Este é invocado no receptor para simulação das características do ruído de fundo do ambiente onde o transmissor se encontra.

No lado emissor, o algoritmo de DTX determina, para cada quadro de voz inativa, a necessidade de transmitir um parâmetro de atualização do codificador ao decodificador sobre o ruído de fundo. Durante a transição de atividade de fala para a inatividade, um quadro de SID é transmitido, atualizando os parâmetros do gerador de ruído de conforto, localizado no decodificador. Durante os quadros subsequentes, o DTX avalia a necessidade de novas transmissões de SID pela variação das características do ruído ambiente [15, 18]. Ou seja, quando a característica do ruído ambiente não muda, nada é transmitido. Quando necessário, são enviadas a forma espectral e a energia do ruído de conforto a ser reproduzido pelo decodificador.

O ruído de conforto usualmente é gerado como um ruído gaussiano, a fim de simular o efeito do ruído branco, presente nos sistemas de comunicação tradicionais.

A detecção da atividade de voz na transmissão, porém, não é imediata, ou seja, como a fala está presente antes do início da execução da função de detetor do VAD, pode ocorrer um corte nas primeiras sílabas da locução. Este efeito é denominado *clipping* [12, 35] e pode ser mais ou menos atenuado a depender do codificador de voz utilizado [18, 35].

### 3.1.5 Problemas com interfaces e equipamentos de som

Outro problema relacionado à qualidade de serviço em redes VoIP é o tipo de interface utilizada pelos usuários com o sistema de comunicação. Existem três dispositivos básicos [13]:

1. aparelho de telefone convencional (*handset*);
2. microfone e fone de ouvido (*headset*); e



### 3. microfone e caixas de som (*speakers*).

De todos, o primeiro representa a telefonia convencional e deve ser a interface preferida pelo gerente de redes convergentes para implementação da telefonia IP em sua empresa ou instituição, pois o emprego da nova tecnologia deve ser transparente para o usuário comum e não deve gerar custos para treinamento destes.

O segundo dispositivo pode ser ideal para aqueles usuários que necessitam escrever ou executar uma tarefa enquanto mantêm a conversação. Porém, não deve ser utilizado como dispositivo padrão para atendimento de chamadas, por ser menos prático que o primeiro e por dificultar que o usuário ouça a sinalização de chamada.

O último dispositivo apresenta sérios problemas de reverberação, provocado pela reflexão do sinal sonoro que sai das caixas de som nas paredes do recinto e sua captação pelo microfone, provocando desconforto ao usuário da ponta oposta.

## 3.2 Aspectos legais

A telefonia IP, usando redes TCP/IP corporativas ou a Internet, tem avançado nos últimos anos pela oferta de novos produtos pelos fabricantes de equipamentos com qualidade comparável à oferecida pelos sistema de telefonia convencional. Esse fato tem viabilizado soluções de comunicação mais econômicas para o mercado corporativo (empresas e órgão públicos).

Porém, além dos aspectos econômico e de viabilidade técnica, deve-se ainda considerar o aspecto da regulamentação do serviço de telefonia IP. Historicamente, os serviços de telefonia têm sido regulamentados por governos e, na grande maioria dos países, foi um monopólio estatal até muito recentemente. No Brasil, a desestatização

começou com a aprovação da Lei Geral das Telecomunicações (LGT), em julho de 1997, que criou a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) [26].

Segundo [35], o ponto central da discussão do uso da telefonia IP para chamadas de longa distância reside na estrutura de redes de telecomunicações e nas condições contratuais que ordenam a interconexão das operadoras. Assim, várias operadoras temem que, através da disseminação do uso não regulado de telefonia IP, as redes telefônicas tradicionais tenham seu tráfego dissipado, ocasionando prejuízos devido aos grandes investimentos feitos pelas ex-estatais. Entretanto, a questão da regulamentação deve ser baseada nos interesses e necessidades dos usuários e não nos de empresas prestadoras de serviços ou de fabricantes de equipamentos.

No Brasil, a regulamentação dos serviços de voz não especifica a tecnologia a ser usada (IP ou comutação de circuitos), mas sim o tipo de serviço a ser prestado pelas empresas provedoras [6].

Para entender os tipos de serviços regulamentados pela ANATEL, vejamos, antes, como a LGT classifica o público de abrangência de tais serviços.

Quanto à abrangência dos interesses a que atendem, a LGT classifica os serviços de telecomunicações em [26]:

- **Interesse coletivo:** são aqueles passíveis de serem oferecidos a todos aqueles que se enquadrarem no regulamento específico, ou seja, o prestador não pode deixar de o oferecer quando solicitado, desde que seja técnica e economicamente viável.
- **Interesse restrito:** são aqueles destinados ao uso do executante ou de um grupo de pessoas físicas ou jurídicas, caracterizado pela realização de atividade

específica (p. ex. passageiros de navios).

Quanto ao regime jurídico de sua prestação, a LGT classifica os serviços de telecomunicações em dois tipos [26]:

- **Regime público:** é sempre de interesse coletivo e é aquele prestado mediante concessão ou permissão, com atribuição a sua prestadora de obrigações de universalização e de continuidade. Incluem-se neste caso as diversas modalidades do serviço telefônico fixo comutado, de qualquer âmbito, destinado ao uso do público em geral.
- **Regime privado:** está sujeito a regras mais flexíveis e com menor interferência da União na sua regulação, não havendo controle de tarifas (praticamente sem preço). O serviço prestado no regime privado é outorgado mediante autorização (existindo exceções nas quais ele é objeto de concessão, como é o caso do Serviço Móvel Pessoal - SMP) e pode ser de interesse restrito ou coletivo.

O serviço de voz é regulamentado pela ANATEL em três modalidades [26]:

- **Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC):** serviço de telecomunicações que, por meio de transmissão de voz e de outros sinais, destina-se à comunicação entre pontos fixos determinados, utilizando processos de telefonia.
- **Serviço de Comunicação Multimídia (SCM):** serviço fixo de telecomunicações de interesse coletivo, prestado em âmbito nacional e internacional, no regime privado, que possibilita a oferta de capacidade de transmissão, emissão e recepção de informações multimídia, utilizando quaisquer meios, a assinantes dentro de uma área de prestação de serviço.

- **Serviço Móvel Pessoal (SMP):** serviço de telecomunicações móvel terrestre de interesse coletivo que possibilita a comunicação entre Estações Móveis e de Estações Móveis para outras estações.

Podem prestar serviços de telefonia IP as empresas que possuem licença do tipo STFC ou SCM [37]. Entretanto, o serviço a ser prestado deve limitar-se às condições previstas em cada licença, ou seja, o STFC destina-se ao público em geral e o SCM deve ser prestado em regime privado. São licenças distintas para públicos diferentes.

Assim, uma empresa que possui licença SCM pode prestar serviço privativo e não exclusivamente de voz. Esse serviço pode ser prestado, por exemplo, no âmbito de um campus universitário, ou dos órgãos de uma prefeitura [26]. A exploração de VoIP ou Telefonia IP, como serviço de interesse coletivo, é permitida via licença SCM. Entretanto, não é STFC, não é público, não obedece às regras de numeração, de interconexão, entre outras do STFC e não tem, em consequência, direito as outorgas do STFC.

Existem, entretanto, requisitos adicionais que diferenciam os serviços e que diferenciam as responsabilidades dos operadores. Para o STFC, os requisitos de numeração, cobertura, interconexão, e qualidade de serviços são bastante rígidos e a obtenção da licença é mais complexa. Para o SCM, os requisitos são voltados aos serviços multimídia, permitem a interconexão e o uso de numeração, e a obtenção da licença é mais simplificada [26].

## 3.3 Riscos e Desafios em Projetos de VoIP em Redes Metropolitanas

Nesta seção, abordaremos os principais riscos e desafios a serem considerados em um projeto de implantação de voz sobre IP em uma rede metropolitana (MAN). Como a voz sobre IP é uma solução de redes convergentes, e não um produto fechado, apostas em uma tecnologia ainda não consolidada podem custar caro à empresa que se lançar desprezadamente na compra de equipamentos.

Quando os primeiros PCs apareceram no mercado, as grandes companhias investiram na aquisição desses equipamentos, pois se mostravam um bom recurso para o aumento de produtividade. Em seguida, muitas delas investiram na interconexão de seus microcomputadores, a fim de permitir que empregados e empresas parceiras passassem a colaborar mais facilmente entre si. O ambiente de rede também reduziu custos, ao possibilitar o compartilhamento de recursos e a reusabilidade de códigos e documentos. Contudo, a interconexão em rede não cumpriu inteiramente uma promessa: o compartilhamento de **qualquer** tipo de dados [13].

Dessa forma, a implantação de voz sobre IP no ambiente corporativo segue uma tendência natural para as organizações já inseridas no contexto acima descrito. Ou seja, os profissionais da área já não devem se perguntar se a VoIP é ou não uma possibilidade dentro de suas empresas, mas devem considerar quando será o momento certo de implantá-la [14]. Segundo [13], o fator-chave a se considerar é quais são os riscos de **não** se adotar a convergência de redes. Resistindo à convergência, a empresa continuará gerenciando e mantendo tecnologias estanques para continuar produzindo da mesma forma e competindo no mercado com empresas que estão adotando a tecnologia.

### **3.3. Riscos e Desafios em Projetos de VoIP em Redes Metropolitanas 69**

Sempre que se depara com uma nova tecnologia, há o risco de que os benefícios não paguem o investimento feito. Mas como toda decisão envolve riscos, deve-se conhecê-los e contorná-los, a fim de reduzir a probabilidade de fracasso do projeto.

De acordo com [25], cada projeto de implantação de VoIP em um *campus* é único, devido aos múltiplos requisitos arquiteturais e técnicos necessários para dar suporte aos usuários no ambiente do *campus*. Por isso, cada projeto deve ser feito de acordo com o porte do cenário em foco [17], não havendo uma arquitetura padrão que funcione em qualquer ambiente.

Apesar de não existir um projeto curinga para qualquer tipo de ambiente, exporemos a seguir alguns pontos norteadores que devem ser considerados pelo projetista que deseja implantar a voz sobre IP na rede que administra.

#### **Levantamento de características das redes de voz e de dados**

A maior parte dos *campi* tem uma rede de voz de comutação de circuitos centralizada em um ou mais PBXs e uma rede de dados baseada em IP. Como a tecnologia de voz sobre IP irá integrar esses dois sistemas, deve-se conhecer bem as características de ambas as redes [25], a disposição física e geográfica dos equipamentos e os custos operacionais da configuração em uso, listando os fatores motivadores e restritivos na adoção de uma nova tecnologia de transporte de voz. Nesse levantamento, deve-se identificar quais são os setores críticos da organização. Deve-se, ainda, identificar quais setores podem estar aumentando ou reduzindo pessoal ou se mudando para um outro espaço, a médio e longo prazo.

Como a voz sobre IP ainda não é uma tecnologia consolidada, existem vários

### **3.3. Riscos e Desafios em Projetos de VoIP em Redes Metropolitanas 70**

equipamentos e arquiteturas disponíveis para compor uma solução. Porém, cada uma dessas escolhas tem um preço diferente, com diferentes possibilidades de escalabilidade. Uma solução de baixo custo pode futuramente amarrar a expansão da organização [25,28].

Além disso, é importante separar os problemas e soluções característicos aos equipamentos dos núcleos das redes de telefonia e de dados daqueles relativos aos equipamentos utilizados pelo usuário final (terminais), pois as modificações efetuadas no núcleo das redes não são visualmente percebidas pelos usuários finais.

#### **Interoperabilidade**

É importante estar atento à interoperabilidade entre os equipamentos que possui e aqueles que precisam ser adquiridos para a rede convergente.

Pode ocorrer que a verba para a implantação de voz sobre IP na empresa não venha em uma só parcela, mas distribuído ao longo de alguns períodos de tempo. Pode ainda ocorrer que o piloto VoIP em uma unidade da empresa ou instituição agrade a diretoria de forma que a solução deva ser replicada nas demais unidades. Porém, a produção de alguns equipamentos pode descontinuar no período transcorrido entre as duas aquisições. Assim, é aconselhável que o gerente de redes fuja de soluções proprietárias [13], as quais fecham o leque de escolhas para uma futura expansão da rede convergente.

Recomenda-se também que o gerente de redes esteja atento aos codecs e protocolos utilizados pelos equipamentos adquiridos em cada fase da compra, a fim de garantir a interoperabilidade entre os equipamentos adquiridos em diferentes fases da implantação do ambiente convergente.

#### Segurança

Apesar do tópico segurança ser bastante discutido, quando essa rede recebe tráfego de voz, os cuidados com a integridade e a privacidade das comunicações de voz devem ser acentuados. Na telefonia tradicional, há a possibilidade de se implantar uma escuta em um quadro distribuidor entre a central telefônica ou PBX e o ramal que se deseja espionar. Contudo, esse procedimento não está ao alcance de qualquer pessoa mal intencionada. Ela tem de ter um certo conhecimento de telefonia e do mapa de interconexão dos quadros distribuidores da organização, além de ter de se expor para implantar tal escuta.

Em redes VoIP, porém, é possível coletar, a partir de qualquer *desktop*, todos os dados que passam pela rede, incluindo o tráfego de voz, por meio do uso de *sniffers* [25]. Para contornar esse problema, pode-se lançar uso de recursos de criptografia e autenticação oferecidos pela versão 2 do H.323 e superiores [17, 29]. Porém, tal solução onera o tempo de processamento e de formação dos pacotes de voz durante as fases de codificação e decodificação.

#### Qualidade de Serviço

O tópico Qualidade de Serviço (QoS) pode ser dividido em dois subtópicos: a qualidade da fala em si e a disponibilidade/confiabilidade de serviço.

- A qualidade da fala reflete-se em quatro indicadores principais [14]: largura de banda, atraso, *jitter* e perda de pacotes. No capítulo anterior, investigamos as causas de cada um deles e algumas alternativas para contorná-los. No presente capítulo, recomendamos o uso de mecanismos de otimização, como, por exemplo, a supressão de silêncio nos equipamentos terminais [17]. Além



### **3.3. Riscos e Desafios em Projetos de VoIP em Redes Metropolitanas 72**

de observar as especificações dos equipamentos com relação à otimização dos recursos de rede e robustez a atrasos e perdas, deve-se ainda estar atento aos possíveis gargalos na rede convergente. Um exemplo muito comum é o fato de a rede interna de dados do *campus* trafegar dados em alta velocidade, mas o seu acesso ao *backbone* da Internet ser relativamente lento [14]. A adição do tráfego de voz pode levar o sistema ao colapso, caso não se planeje antes da implantação.

- Além do sistema de voz ter de funcionar bem, o mesmo deve estar disponível todo o tempo. O usuário deve obter tom de discagem sempre que desejar realizar uma chamada; para o estabelecimento de uma chamada, não deve haver mais que uma ou duas tentativas; durante o curso de uma ligação, a mesma não deve ser terminada abruptamente por falhas técnicas; entre outras situações que podem vir a comprometer o desempenho da rede convergente. Uma questão importante, a da alimentação elétrica, é analisada separadamente em um tópico a seguir, pois influi diretamente na disponibilidade do serviço.

#### **Treinamento**

Treinamento é um outro importante fator a ser considerado no planejamento de um ambiente convergente no *campus*, pois acarreta em custos (material, instrutores) e em tempo de paralização de atividades. Além disso, há o fato de que a tecnologia VoIP está sempre evoluindo e as indústrias do setor estão constantemente lançando novos produtos, o que requer novos treinamentos para atualização técnica [25].

### **3.3. Riscos e Desafios em Projetos de VoIP em Redes Metropolitanas 73**

Apesar de novas interfaces tecnológicas agradarem os profissionais afetos à área, elas podem desestimular o usuário comum, o qual está satisfeito com o sistema de telefonia tradicional. Assim, é recomendável que a interface de voz do usuário final não seja muito diferente ou mais complexa que um aparelho de telefone comum [17,25].

#### **Tarifação**

A tarifação é um importante evento dentro de organizações, embora algumas destas não venham a cobrar de seus empregados pelas chamadas efetuadas por eles. A tarifação pode servir para medir os gastos da empresa, duração média das chamadas, destino das mesmas, entre outros, a fim de se evitar abusos. Associados ao processo de tarifação, estão os códigos de autorização, que são seqüências numéricas que identificam um determinado usuário do sistema de telefonia e lhe permite autorização para realizar certos tipos de chamadas (apenas para ramais, e/ou ligações locais, e/ou interurbanas, e/ou internacionais, e/ou com destino a aparelhos celulares, entre outras).

A tarifação baseia-se em relatórios detalhados de chamada - CDR, também conhecidos como bilhetes, os quais são gerados pelo PBX e coletados por um *software* externo de tratamento. Como há uma falta de padronização no formato desses bilhetes entre os diversos fabricantes de PBX e dos novos equipamentos VoIP, deve-se atentar para compatibilidade de *softwares* e fabricantes, a fim de se evitar perda de confiabilidade nas cobranças efetuadas com base em falsos relatórios.

#### **Alimentação Elétrica**

Nos sistemas de telefonia tradicionais, os PBX fornecem a alimentação

### 3.3. Riscos e Desafios em Projetos de VoIP em Redes Metropolitanas 74

elétrica necessária para que o aparelho de telefone gere toque de chamada e outros tons de sinalização. Como tais PBX geralmente possuem um sistema de alimentação reserva (UPS - *Uninterrupted Power Supply*), mesmo em caso de falta de energia elétrica, o sistema telefônico mantém-se funcionando normalmente (servindo, inclusive, como forma de acionamento da companhia distribuidora para restabelecimento do fornecimento de energia elétrica).

Similarmente, o ambiente convergente também deverá apresentar a mesma confiabilidade do sistema de telefonia comutada. Como o sistema de voz é uma missão crítica da organização em seu ambiente de *campus*, ele deve estar protegido contra falhas no fornecimento de energia elétrica [9]. Para cumprir esse requisito, há duas alternativas principais [9]:

- Fazer os equipamentos do núcleo da rede convergente, aos quais os terminais de voz estão conectados, fornecer, além de sinalização e fluxo de voz, a energização dos mesmos; ou
- Fornecer pontos de energização ininterrupta para cada sala do *campus*, onde o aparelho de voz possa ser alimentado através de um adaptador AC/DC.

É claro que a segunda alternativa se aplica em um ambiente que já possui esse tipo de arquitetura em sua rede elétrica ou quando se planeja a construção de um novo edifício. Ainda assim, no caso de escolha dessa alternativa, a confiabilidade do sistema não poderia ser totalmente garantida, pois implicaria em mais uma fonte de problemas (falha na rede de distribuição de energia elétrica do campus, mal contato do cabo de alimentação, uso do ponto de energia para outros fins, entre outros). Mais uma vez, a decisão por uma ou outra alternativa corresponde a uma solução

### 3.3. Riscos e Desafios em Projetos de VoIP em Redes Metropolitanas 75

de compromisso entre os custos de ambas.

#### **Outras Considerações**

Antes de se lançar em campo, recomendamos que o gerente responsável pelo projeto de redes convergentes de sua organização procure na literatura estudos de casos sobre implantação, em outras empresas, de sistemas de comunicação de voz baseados em comutação de pacotes. Dessa leitura, deve-se identificar aqueles cenários cuja realidade seja mais próxima da empresa para qual elaborará o projeto. Deve-se, ainda, comparar as diversas ofertas de vendedores de equipamentos e soluções. Sobretudo, deve-se estar atento à procedência das brochuras e *whitepapers* e às datas de publicação dos mesmos. Existem muitos mitos na imprensa sobre VoIP e certas restrições que a tecnologia apresentava há alguns anos já não existem mais.

A implementação do projeto deve começar em áreas menos críticas da organização [17, 25] e se estender para os demais setores. Durante a escolha dessas áreas menos críticas, deve-se selecionar um setor representativo dentro da empresa, de modo que a experiência adquirida nessa fase inicial da implantação possa ser replicada nos demais setores [25]. Recomenda-se ainda que se mantenha nos setores da empresa os terminais do antigo PBX ou uma linha da PSTN, mesmo após a implantação da rede convergente [17, 25], a fim de garantir a operacionalidade das atividades desenvolvidas no caso de falha do novo sistema.

Por último, recomendamos que o gerente responsável pela implantação do ambiente convergente tenha sempre em mente que seu objetivo é otimizar a comunicação de voz dentro de sua empresa, e não implantar, necessariamente, voz sobre IP. Ou seja, a adoção da tecnologia de voz sobre IP é um dos meios possíveis para

atingir o objetivo de otimizar a comunicação de voz entre os setores de uma organização. Assim, a aquisição de equipamentos é uma boa solução quando se constrói novas instalações ou quando o sistema de comunicação vigente está obsoleto e necessita ser trocado em curto prazo. Sistemas de voz não baseados em comutação de pacotes recém adquiridos, com raras exceções, podem continuar sendo utilizados para atender as necessidades de comunicação de voz dentro da organização.

### 3.4 Conclusão

Neste capítulo, foram abordados os principais aspectos que afetam a qualidade de serviço em redes de comunicação VoIP: atraso fim-a-fim, perda de pacotes, perdas devido à digitalização da voz, o efeito do *clipping* e problemas eletro-acústicos relacionados às interfaces e equipamentos de som. O conhecimento da influência de cada um deles é necessário para uma boa especificação do projeto, como será visto no Capítulo 5.

Foram ainda apresentadas algumas ferramentas para avaliação da qualidade da fala em redes VoIP. Seu uso possibilita a tomada de decisões no sentido de estabelecimento de ações corretivas para garantir a qualidade da fala transmitida pela rede convergente.

Todo projeto, ainda que baseado em objetivos sólidos e plausíveis, envolve riscos e desafios. Recomendações de como contorná-los foram também apresentadas ao longo deste capítulo.

Além dos aspectos puramente técnicos, verificou-se ainda aqueles de ordem legal, de onde se concluiu que, no caso do uso de voz sobre IP na RMP Manaus, não há conflitos com a legislação atualmente vigente.

## Capítulo 4

# Arquitetura das Redes de Dados e de Telefonia Fixa da PMM

Viu-se no capítulo anterior que cada projeto de redes convergentes deve ser feito de acordo com o porte do cenário em foco, não havendo uma arquitetura padrão que funcione em qualquer ambiente [17]. Como o cenário do projeto a ser proposto na presente dissertação é o da Prefeitura Municipal de Manaus (PMM), no presente capítulo, levantaremos as arquiteturas e as características atuais das suas redes de dados e de telefonia fixa.

### 4.1 Topologia do Teleporto da Prefeitura Municipal de Manaus

A Prefeitura Municipal de Manaus (PMM) faz de sua rede metropolitana a estrutura fundamental na concretização do objetivo de aumentar a qualidade do serviço prestado ao contribuinte e à sociedade civil de um modo geral. Esse instrumento de modernização das ações de governo é empregado para apoiar duas atividades importantes:

- o monitoramento e atendimento da parte tributária; e
- a gestão da execução orçamentária.

No que se refere a parte tributária, o conceito implementado na instalação e operacionalização do Centro de Atendimento ao Contribuinte (CAC) representa a vanguarda da ação de governo nesta área, pois resume-se na máxima de que o “cidadão deverá solucionar todo e qualquer problema referente ao fisco municipal em um único lugar, gastando somente uma passagem de ônibus”. A concretização desse conceito exige necessariamente os seguintes procedimentos: a concentração de todos os órgãos de gestão da parte tributária em um único espaço físico e o suporte de uma camada de *software* adequadamente construída para realizar a integração destes órgãos rodando sobre uma infra-estrutura de rede capaz de gerenciar o volume de tráfego e informações gerados por essa concentração.

A parte de execução orçamentária da Prefeitura de Manaus é atendida por outra extremidade do núcleo da Rede Metropolitana da Prefeitura Municipal de Manaus (RMP Manaus), situado no edifício Sede. Concentram-se ali a parte operativa do orçamento e grande maioria das secretarias da administração direta do município, principalmente as secretarias que possuem atividades-fim semelhantes. Neste caso, a aplicação corporativa de controle da execução orçamentária deverá possibilitar maior produtividade operacional e principalmente melhor monitoramento do comportamento financeiro dos diversos órgãos dentro dos desempenhos esperados para as ações de governo pré-estabelecidas.

Além de suportar a demanda das aplicações corporativas das áreas de tributação, arrecadação e execução do orçamento, a RMP Manaus é capaz de disseminar informações para vários contextos heterogêneos ao seu ambiente. Entre esses ambientes podemos citar: acesso remoto ao *mainframe* da PRODAM (Processamento de

Dados Amazonas S.A.), acesso remoto, via linha privativa, de estações e quiosques localizados em vários pontos da cidade e acesso a Internet<sup>1</sup> para qualquer usuário da rede.

Em fase futura, após a conclusão e estabilização do contexto anteriormente citado, pretende-se transformar a RMP Manaus em núcleo de conexão e agregação de todas as redes das secretarias municipais, possibilitando, em nível de aplicação, a integração destas secretarias, a fim de gerar informações gerenciais semanticamente consistentes sobre as diversas ações do governo municipal no que se refere ao emprego do erário público, bem como a utilização de tecnologia de voz sobre IP (VoIP). Esse modelo de gestão já se encontra definido na lei 4.320/66, pela qual, por intermédio da especificação real e formal dos objetos de empenho e execução orçamentária em um modelo estruturado de dados, o governante poderá ter informações precisas com a granularidade de, por exemplo, quanto custa cada aluno da quarta série de uma determinada escola ou o custo médio do município.

#### **4.1.1 Histórico**

O desenvolvimento e a implantação da RMP Manaus foi iniciado em janeiro de 1997, quando teve início a atual administração. Inicialmente foram percorridas todas as etapas de averiguação da situação encontrada, passando pela proposição de várias alternativas e finalmente culminando com a decisão de implantar-se a estrutura que hoje a constitui.

A partir da elaboração de um levantamento com o objetivo de perscr-

---

<sup>1</sup>Nesse caso, os serviços abrangidos seriam: www, correio eletrônico, FTP e afins, inerentes ao uso e aplicações da Internet com monitoramento (*log*) e validação de uso para prevenir abuso e baixa na produtividade.



tar o potencial instalado e a diversidade computacional sob a qual se encontrava a Prefeitura de Manaus, chegou-se à conclusão de que a prática de informática<sup>2</sup> no executivo municipal encontrava-se completamente desordenada, sem uma política diretora, em uma realidade na qual cada órgão e cada secretaria adotava sua própria prática de informática, sem um delineamento centralizado. Neste contexto, a tendência predominante, ainda no primeiro semestre de 1997, eram os ambientes de rede Novell com aplicativos em CA-Clipper nos órgãos satélites e mais um grande *mainframe* da IBM que atendia as aplicações tributárias. A Figura 4.1 ilustra a arquitetura existente nessa época. Esse sistema de computação representava um custo mensal de 60 mil dólares, dos quais 42 mil dólares eram referentes ao aluguel de equipamentos de *hardware* e 18 mil dólares a *software*. Era empregado para atender basicamente a Secretaria Municipal de Economia e Finanças (SEMEF) e particularmente em suas atividades de controle e cobrança de tributos.

Como resultado desse levantamento, foi apresentado ao chefe do executivo municipal e equipe de assessores um conjunto sintético de propostas que culminariam em dois objetivos simples e claros: o *downsizing*<sup>3</sup> e a criação de uma infra-estrutura básica para interligar todos os órgãos da PMM em uma rede metropolitana. Embutida nessa proposição encontrava-se a política diretora de padronização da prática de informática para a Cidade de Manaus, pois se fez valer de fato e de direito a coordenação para tal política da Diretoria do Centro de Informática da Secretaria

---

<sup>2</sup>Entenda-se por “prática de informática” todas as tarefas relacionadas a atividade de informática, tais como a escolha de sistemas operacionais, ambientes e linguagens de programação, topologia de rede, cabeamento, configuração de equipamento, plataforma de processador, etc.

<sup>3</sup>Mudança da plataforma de *mainframe*, da IBM, para a rede de microcomputadores plataforma Intel, utilizando o sistema operacional Windows NT, da Microsoft, banco de dados Oracle e Ambiente de Desenvolvimento Delphi.

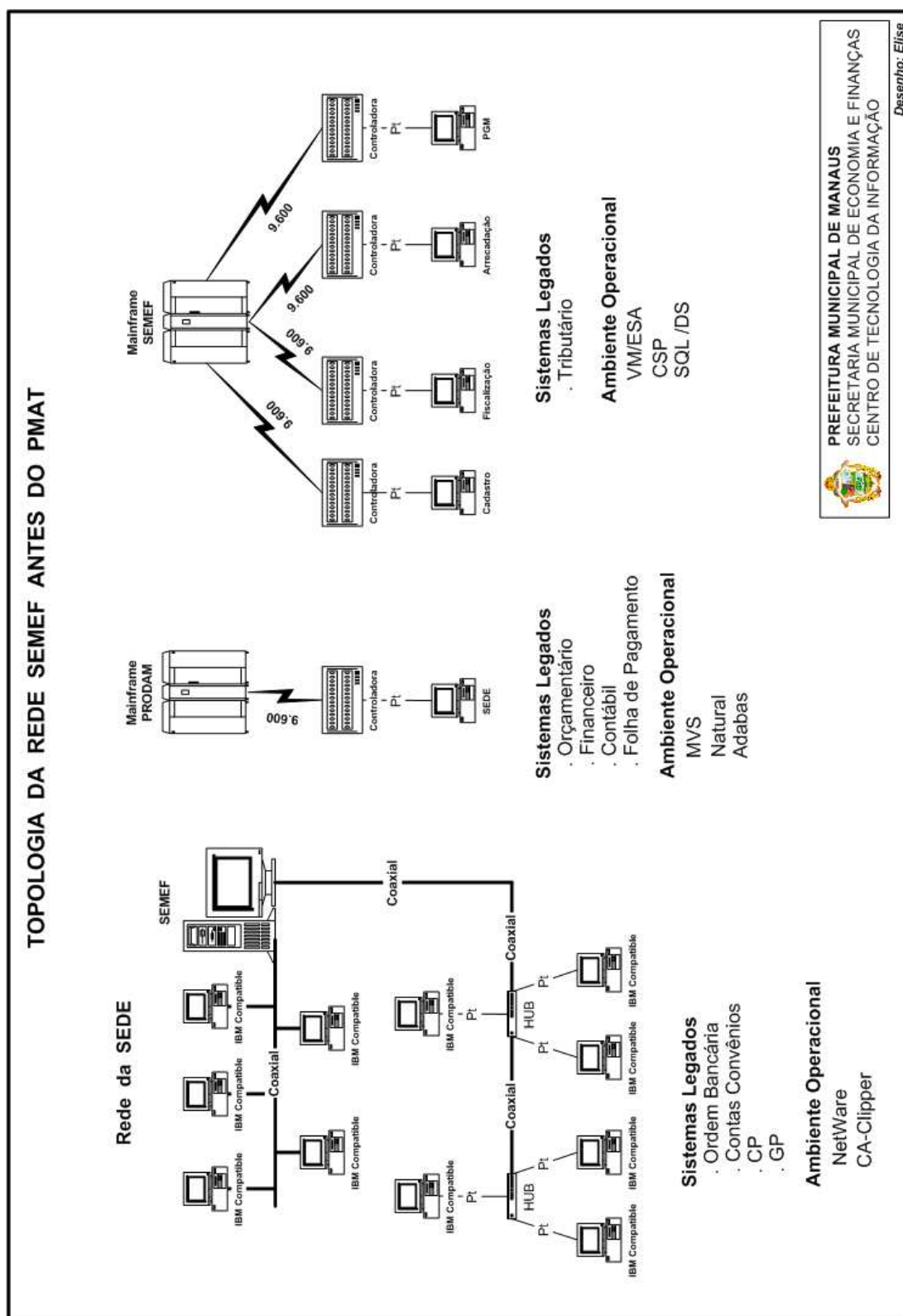


Figura 4.1: Rede Metropolitana da Prefeitura Municipal de Manaus antes do PMAT.

Municipal de Economia e Finanças que é o órgão da Prefeitura responsável pela política de informática no âmbito da administração direta e indireta, segundo regimento interno.

A implementação do projeto RMP Manaus foi iniciada efetivamente em agosto de 1997, com o objetivo inicial de desativar o *mainframe* IBM até agosto de 1998. Em meados de agosto de 1998, o *mainframe* IBM foi efetivamente desligado e o CAC passou a funcionar exclusivamente sobre a RMP Manaus, rodando a aplicação cliente/servidor Sistema Tributário Integrado - STI (ver Seção 4.1.7).

Essa fase inicial da RMP Manaus exigiu investimentos da ordem de 3 milhões de reais, oriundos do convênio firmado entre a Prefeitura Municipal de Manaus e BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social). Este foi o primeiro convênio firmado no país para a modalidade modernização e melhoria da arrecadação municipal e é modelo de referência nacional em execução de proposta aprovada. Vale ressaltar que esta fase cobriu efetivamente o desenvolvimento do STI, a aquisição de todo o *hardware* necessário para a substituição do *mainframe* (inclusive estações de trabalho para o CAC e a Sede de Prefeitura) e todos os equipamentos de rede necessários para a interligação das estações de trabalho, bem como para a constituição do núcleo de interconexão de redes da RMP Manaus. Ou seja, a infra-estrutura em equipamentos foi adquirida para possibilitar que as demais secretarias e órgãos interessados fossem conectados à RMP Manaus dentro do projeto de expansão e difusão desta no âmbito municipal.

A Tabela 4.1 a seguir possibilita uma visão sintética da evolução proporcionada pela RMP Manaus em relação ao ambiente de *mainframe* anterior:

Tabela 4.1: *Comparação da estrutura de informática da PMM antes e depois do PMAT (Fonte: Centro de Informática da SEMEF).*

Descrição	Situação antes de agosto de 1998	Situação após agosto de 1998
Plataforma	Mainframe IBM	Rede de Micros, Plataforma Intel
Sistema Operacional	VM/ESA	Windows NT
Banco de Dados	SQL/DS	Oracle
Ambiente de Desenvolvimento	CSP/AD/AE	Delphi
Arquitetura	Centralizada	Cliente/Servidor e banco de dados Distribuídos

#### 4.1.2 Descrição Física Geral

A Rede Metropolitana da Prefeitura Municipal de Manaus (RMP Manaus) é uma rede metropolitana com dois pontos principais de acesso, distantes sete quilômetros entre si. Um desses pontos é o Centro de Atendimento ao Contribuinte (CAC), situado no centro da cidade de Manaus; o outro ponto é a Sede da Prefeitura de Manaus (Sede), situada no bairro Compensa.

O meio físico utilizado é um enlace dedicado de fibra óptica e a tecnologia adotada era o ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), substituída pelo *GigaEthernet* em maio de 2003.

Fisicamente, o enlace *GigaEthernet* que une o CAC à Sede está ligado ao *switch* 3Com modelo 4900 na Sede e ao *switch* 3Com modelo 4226T no CAC, através de uma porta *GigaEthernet* em *Full-Duplex* (com velocidade de 2 Gbps).

O *switch* modelo 4900 do fabricante 3Com tem capacidade para operação nas camadas 2 e 3 do Modelo OSI e podendo ser utilizado como *switch* de *backbone*, com 12 portas 10/100/1000 Mbits (*Ethernet*, *FastEthernet* e *GigaEthernet*) e ca-

pacidade de criação de VLANs (*Virtual Local Area Networks*), sendo gerenciável por RMON (*Remote Monitoring*) e SNMP (*Simple Network Management Protocol*), com administração remota e permitindo controles de acessos através de implementação de RADIUS (*Remote Access Dial-In User Server*) e aceita fonte redundante. Já o modelo 4226T do fabricante 3Com é um *switch* empilhável e com 24 portas 10/100 Mbits (*Ethernet* e *FastEthernet*) e 2 portas 1000 Mbits (*GigaEthernet*) com capacidade para ser o *switch* departamental, podendo compor pilha de até 4 equipamentos e capacidade de criação de Vlans sendo gerenciável por RMON e SNMP, administração por www e aceita fonte redundante.

Para descrever o funcionamento da parte lógica da comunicação entre as redes, vamos abordar primeiro como o CAC comunica-se com a Sede e, em seguida, descreveremos a conexão da Sede para o CAC, a qual, abstraídas algumas peculiaridades, pode ser considerada análoga.

Na Figura 4.2, temos um diagrama da interconexão das subredes que compõem a Rede Metropolitana da Prefeitura de Manaus, na qual pode-se visualizar as redes da Sede e do CAC. A Figura 4.3 mostra em detalhes a distribuição dos equipamentos que dão suporte à rede de dados da Sede da PMM e do CAC, as quais são comentadas em detalhes a seguir.

### **4.1.3 Descrição da rede do CAC**

A rede local (LAN - *Local Area Network*) do CAC é usada basicamente pelos usuários do STI - Sistema Tributário Integrado. A rede é composta por 154 estações de trabalho segmentadas por pavimento e espalhadas ao longo de quatro andares e térreo, onde encontra-se instalada a área de Atendimento ao Contribuinte. O padrão



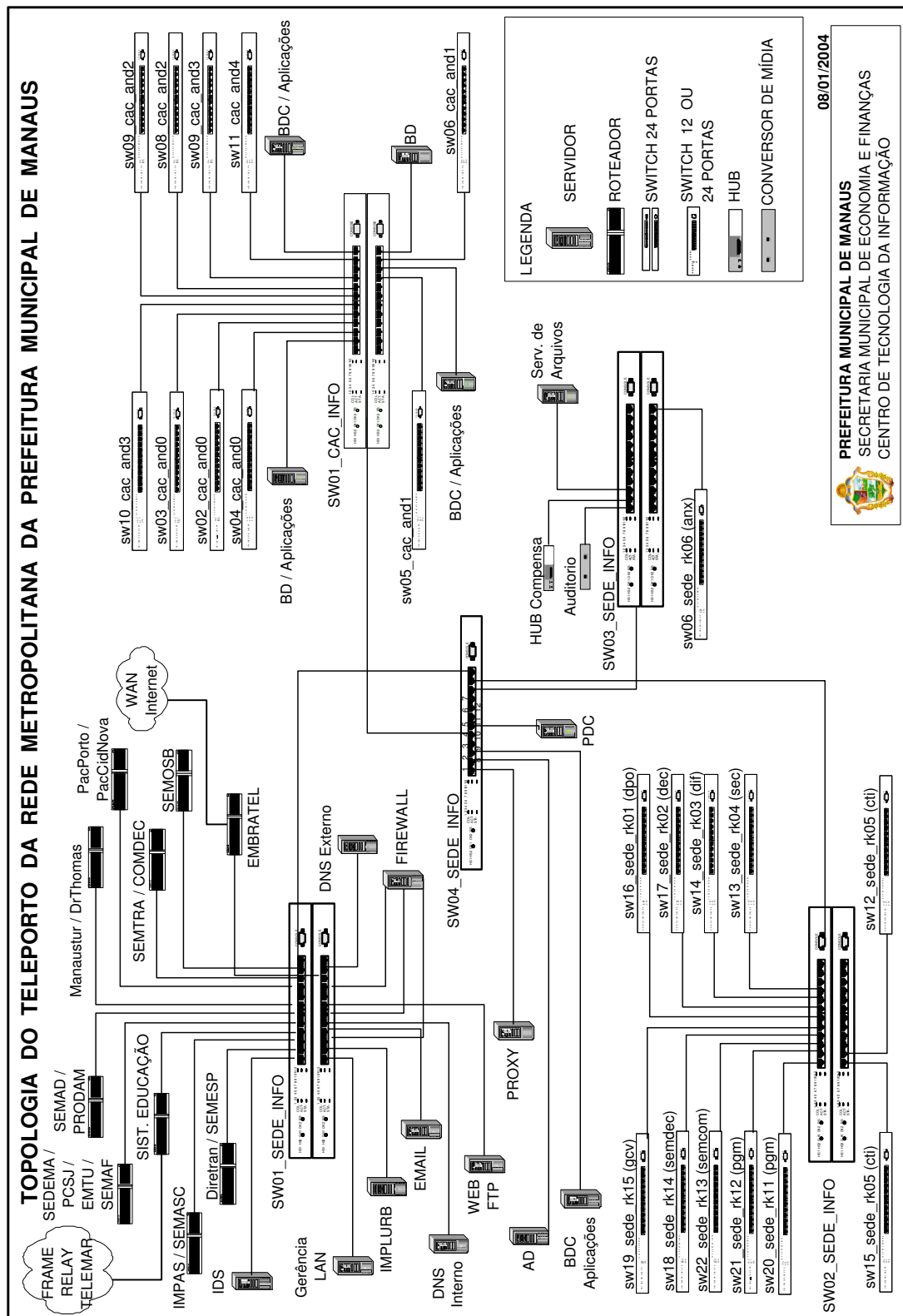


Figura 4.3: Diagrama esquemático da rede de dados da Sede da PMM.

de configuração de cada estação de trabalho é Pentium 300, 64 MB RAM e 4 GB de disco rígido. Cada pavimento do prédio do CAC possui dois *switches* Super Stack 3300 de 24 portas, trafegando a 100 Mbps, que concentram as estações instaladas no andar. No térreo, porém, a área mais crítica, encontram-se três *switches*, concentrando um total de 72 estações. Os *switches* de cada pavimento são interligados via porta especial ao *switch* 3Com modelo 4226T .

A rede do CAC possui um *switch* 3Com modelo 4226T que permite o chaveamento entre estações, podendo também realizar roteamento. O protocolo utilizado é o TCP/IP. Quando um pacote TCP/IP chega ao *switch*, este verifica se o destino do pacote é a rede do CAC; se for, é direcionado para dentro da rede. Porém, se este pacote se destinar à rede da Sede ou à Internet, então o mesmo é colocado no enlace *GigaEthernet* em direção à Sede. Ligados diretamente ao *switch* 3Com modelo 4226T, existem três servidores.

#### **4.1.4 Descrição da rede da Sede**

A PMM possui, em seu organograma, um total de quinze Secretarias (administração direta do município) e seis Órgãos (administração indireta). Existem, ainda, sete repartições externas à PMM cuja rede de dados está integrada à RMP Manaus. A Tabela 4.2 expressa o grau de vínculo de cada uma das repartições descritas na Figura 4.2 (p. 85). Na Lista de Abreviaturas e Siglas encontra-se o significado dos nomes dos Órgãos e Secretarias listados nessa tabela.



Tabela 4.2: *Vínculo das repartições cuja rede de dados são administrados pela PMM.*

Vínculo	Repartição
Administração Direta do Município	SEMASC
	SEMAF
	SEMESP
	SEMTRA
	SEMINF
	SEMAAD
	SEDEMA
	SEMOSB
	SEMED
	SEMSA
	SEMEF
	SEMCOM
	SEMDEC
	SEAPP
	SEAC
Unidades remotas vinculadas às Secretarias	CAC (SEMEF)
	Biblioteca (SEMED)
	NTE (SEMED)
	CFP(SEMED)
	80 Escolas (SEMED)
Administração Indireta do Município	42 Postos de Saúde (SEMSA)
	Fundação Villa Lobos
Administração Indireta do Município	Fundação Dr. Thomas
	EMTU
	IMPAS
	IMPLURB
	Manastur
Órgãos externos à PMM	CMM
	PRODAM
	TCE
	PAC Cidade Nova
	PAC São José
PAC Porto	
PAC Compensa	

No prédio da Sede da PMM localizam-se as seguintes Secretarias: SEMEF, SEMCOM, SEMDEC, SEAPP e SEAC, além do Gabinete Civil (GABCIVIL), da Auditoria Geral do Município (AGM) e da Procuradoria Geral do Município (PGM).

O ponto central da RMP Manaus encontra-se no prédio da Sede. Nele estão instalados o *switch* 3Com modelo 4900 e modems e roteadores responsáveis pelos roteamentos dos pacotes, além dos servidores de banco de dados, *web*, FTP e servidores de outros serviços de Internet.

A rede local da Sede é composta por 84 estações de trabalho, que atendem às oito repartições nela instaladas.

O cabeamento utilizado internamente é o par trançado, categoria 5, com velocidade de 100 Mbps. O acesso externo (WAN) é feito através de um conjunto de nove roteadores Cisco modelos 2501, 2611 e 3620.

O modelo 2501 da marca Cisco é um roteador com interface a 10 Mbits (Ethernet) e 2 portas WAN (síncronas e assíncronas) com velocidade máxima de 1200 bps até 2 MB por porta WAN. Suporta gerenciamento por RMON e SMNP e controle de tráfego através de QoS. Já o modelo 2611 da marca Cisco é um roteador com interface 10/100 Mbits (Ethernet/*FastEthernet*) e portas WAN com configuração modular permitindo até 10 portas WANs, podendo aceitar a implementação de VoIP e Frame-Relay. Suporta gerenciamento por RMON, SMNP, controle de tráfego através de QoS e fonte redundante. Por fim, o modelo 3620 da marca Cisco é um roteador modular com interface 10/100 Mbits (Ethernet/*FastEthernet*) com capacidade de até 20 portas WAN e protocolos WAN; ATM, E1/ISDN-PRI, HSSI, ISDN-BRI e performance de 50 kbps, Processador 80 MHz IDT R4700 RISC,

podendo aceitar a implementação de VoIP e Frame Relay. Suporta gerenciamento RMON, SMNP, controle de tráfego através de QoS e fonte redundante.

Cada Secretaria tem conexão através de linha privada de comunicação de dados ligando a Sede com velocidades entre 64 e 512 kbps, de acordo com a utilização.

A velocidade entre os servidores principais é de 2 Gbps (*GigaEthernet full duplex*). Porém, chegando às estações esta velocidade baixa para 100 Mbps devido aos *switches* (doze no total) terem a velocidade de 100 Mbps, utilizando como padrão o *FastEthernet*.

O *switch* 4900 da Sede possui doze portas *GigaEthernet* e existem mais dois *switches* 4226T com de 24 portas *FastEthernet* e dois *GigaEthernet* cada. Essas portas estão distribuídas da seguinte forma:

- quatro portas *GigaEthernet* do *switch* 4900 para os servidores de Rede;
- uma porta *GigaEthernet* do *switch* 4900 para conexão por fibra óptica ao CAC;
- três portas *GigaEthernet* do portas *switch* 4900 para conexão aos *switches* 4226T da Sede
- onze portas do *switch* 4226T direcionadas a *switches* distribuídos na Sede;
- uma porta para máquina de gerência da rede; e
- quatro servidores secundários (Novell, PDC+WINS, *proxy*, *web*).

Os quatro servidores principais de banco de dados estão conectados ao *switch* 4900 através de portas *GigaEthernet*, bem como o CAC e os *switches* 4226T.

Atualmente na Sede existe um total de oito servidores, os quais são divididos em dois grupos: os principais e os secundários. Os servidores principais utilizam

*GigaEthernet*, pois, como já foi descrito, é neles que há maior movimentação de dados. Um dos servidores contém banco de dados de produção (protocolo, produção, réplica do STI), um segundo servidor contém o banco de dados de desenvolvimento e um terceiro é utilizado para fazer o *backup*. Os servidores secundários estão em *FastEthernet*, já que existe menos tráfego de dados. São eles:

- **Novell:** contém os sistemas Controle de Processo, Gerência de Pagamento e o SICOB (Sistema de Controle de Ordem Bancária), além de vários outros sistemas pequenos de controle entre os setores, os quais foram desenvolvidos em linguagem Clipper.
- **Servidor que mantém os serviços de Internet (*web*+FTP+DNS)**

***web*** - Serviço de procura de informações por hipermídia. É um sistema de busca e obtenção de informações onde os caminhos de navegação são embutidos nos documentos, mecanismo conhecido como navegação por hipertexto.

**FTP** - Serviço de transferência de arquivos. Seu funcionamento se baseia no estabelecimento de uma sessão limitada entre o cliente FTP local e o servidor FTP do equipamento remoto, sessão essa autenticada de forma semelhante à do serviço telnet. A utilização mais comum do serviço FTP na Internet é a da obtenção de programas ou informações a partir de servidores de domínio público ou comercial. Para essa utilização, o servidor FTP disponibiliza uma conta especial com autenticação flexível.

**DNS** - Sistema de nomes de domínio. A tarefa de conversão de nomes para

endereços IP é distribuída entre vários servidores, pois não é possível a sua centralização em uma única base de dados. Assim, cada servidor se encarrega de manter a base de dados de um certo espaço dentro da hierarquia de domínios da Internet, espaço conhecido como “zona de autoridade” desse servidor. A colaboração entre os servidores ocorre quando um servidor necessita executar uma conversão referente a um equipamento que não pertence a sua zona; neste caso, ele se torna cliente de um outro servidor, desde que esse servidor possa resolver a conversão desejada, para então fornecer o resultado ao cliente que a solicitou. Todos os programas da Internet que necessitem resolver um nome simbólico para um endereço IP tornam-se clientes do DNS.

- **servidor responsável pela segurança da Rede (*Firewall, proxy*) e que contém o serviço de *e-mail***

*firewall* - política de segurança voltada ao controle de acesso à rede, a fim de se evitar que esta possa ser invadida por qualquer usuário da Internet.

*proxy* - programa que faz o compartilhamento de um acesso remoto para várias máquinas conectadas à rede interna.

*e-mail* - serviço de correio eletrônico que permite a troca de mensagens entre usuários através de uma rede de dados.

- **servidor que contém o PDC, WINS e o DHCP:**

**PDC** - *Primary Domain Controller*.

**WINS** - sistema de nomes da Internet do Windows, é semelhante ao DNS, sendo que sua principal diferença é que o DNS usa uma tabela estática e o WINS usa uma tabela dinâmica.

**DHCP** - protocolo de configuração de *host* dinâmico. Sua função é fornecer números de IP distintos, para que não existam problemas de conflito. Quando uma máquina que solicitou um IP sai da rede, este servidor torna seu número de IP disponível.

#### 4.1.5 Outras conexões à RMP Manaus

Além da conexão entre as redes do CAC e da Sede, a RMP Manaus também possibilita vários acessos segmentados da seguinte forma: Internet, acesso remoto para a Câmara Municipal de Manaus (CMM), Tribunal de Contas do Estado (TCE), acessos remotos para os PACs e acesso para todas as Secretarias via estrutura de cabeamento metropolitano de operadora de telefonia fixa. A Figura 4.2 mostra esquematicamente quais Órgãos e Secretarias estão conectados à RMP Manaus dessa maneira.

#### Acesso Remoto à RMP Manaus

Os equipamentos utilizados para acesso remoto são basicamente roteadores que suportam um número razoável de saídas WANs. Essa solução permite interligar a rede local da Sede da Prefeitura a PCs remotos que se conectam a essa LAN e, funcionalmente, operam como se estivessem instalados localmente. Os roteadores utilizados na RMP Manaus são Cisco da série 2500, modelo 2501, o qual provê várias soluções para escritório, incluindo roteador/*hub* integrados e mo-

delos roteador/servidor de acesso. Possui uma porta AUI (*Attached Unit Interface*) que usa um conversor RJ-45 para o acesso à Ethernet para transporte de dados (TCP/IP), e possui também duas portas seriais que fazem a comunicação (PPP) com o modem e uma porta de console para acesso ao micro responsável pela configuração das rotas. Trabalha com a taxa de dados de 64 Kbps, utilizando interface V.35.

Na Sede da Prefeitura de Manaus, foi instalado um conjunto de roteadores Cisco dos modelos 2501, 2611 e 3620, que têm a função de rotear os pacotes entre a RMP Manaus e todas as possíveis rotas de acesso entre esta e o meio externo. Esse conjunto de equipamentos faz o roteamento das conexões externas para a RMP Manaus e desta para o mundo exterior. Ao roteadores estão ligados os seguintes caminhos possíveis:

- ***backbone para acesso à Internet*** – conexão via linha privativa trafegando a 512 kbps.
  
- **multiplex que interliga a Sede ao anel óptico da concessionária de telefonia fixa** – O Optimux-4T1 multiplexa quatro canais E1 sob um único enlace de fibra óptica a distâncias de até 75 km, podendo funcionar em multimodo ou monomodo. Possui serviços de canais de voz em conformidade com o ITU-T G.703, G.823, G.824 e G.955. Esses canais de voz estão disponíveis para comunicações fim-a-fim entre o pessoal da manutenção. Pode possuir um segundo enlace de fibra óptica que proporcione o *backup* automático. Cada um dos canais E1 é transmitido independentemente, de tal forma que cada canal E1 possui um *clock* diferente. Integra a RMP Manaus às demais Secre-

tarias. Esta ligação é feita através do padrão V.35 para transmissão de dados em alta velocidade. Existe um enlace de fibra óptica entre o multiplex da Sede e o multiplex da concessionária de telefonia fixa. Os Órgãos e Secretarias que se ligam ao multiplex da concessionária são: Manaustur, Fundação Dr. Thomas, Fundação Villa Lobos, EMTU, IMPLURB, IMPAS, SEMASC, SEDEMA, SEMSA, SEMOSB, SEMAD, SEMED, SEMAF e SEMESP. Nessas Secretarias é necessário haver servidores pois elas precisam de serviços primários da rede local, além dos serviços de banco de dados situados na rede da Sede.

- roteadores de PACs, CMM, TCE.

### PACs

Os PACs (Pronto Atendimento ao Cidadão) funcionam como centralizadores de diversos serviços prestados ao cidadão nos três níveis de Governo (Federal, Estadual e Municipal). A Prefeitura fornece informações sobre tributação às máquinas instaladas nos PACs. Estas máquinas estão conectadas a um roteador que se comunica com os servidores da Sede via PPP. Somente o PAC Compensa é que se comunica de forma diferente, possuindo um enlace de fibra óptica com a Prefeitura, com distância de cerca de um quilômetro, utilizando tecnologia *FastEthernet*. E somente ele é validado no servidores da rede da Sede. A Tabela 4.3 descreve as velocidades de conexão dos PACs e quiosques com a Sede.

### Tipos de conexões

As conexões dos usuários aos servidores da rede podem ser de dois tipos:



Tabela 4.3: *Velocidades de conexão dos PACs e quiosques com a Sede da PMM.*

Local	Velocidade
PAC Cidade Nova	128 kbps
PAC Compensa	100 Mbps
PAC Porto	64 kbps
PAC São José	64 kbps

- conexões que fazem parte do domínio, gerando o *logon* na rede. Os usuários são validados por alguns servidores da rede.
- conexões onde não há validação de usuário. São conexões diretas através do protocolo TCP/IP, UDP. Este tipo de conexão é utilizada pelo servidor *web*, onde o acesso não necessita de *logon*.

Na Sede, são utilizadas duas classes de endereços IP, com os quais pode-se logar em apenas uma máquina específica, fazendo uma conexão TCP/IP. Este protocolo usa o caminho de pesquisa WINS, que faz o roteamento.

#### 4.1.6 Aspectos de Segurança

A integridade da rede interna é assegurada através do uso de *proxy* e *Firewall*. Alguns ataques externos já foram detectados, porém foram tomadas medidas de precaução contra novos ataques de pessoas não autorizadas. Para resolver esses problemas, foi adquirido o pacote de *software* eTrust<sup>TM</sup> Security, produzido pela Computer Associates.

O pacote adquirido pela PMM inclui cinco módulos: antivírus, detecção de intrusos, *firewall*, inspeção de conteúdo e VPN. Vejamos a seguir a descrição de cada um desses módulos.

**Antivírus** – foram adquiridas 400 licenças do módulo *eTrust<sup>TM</sup> InoculateIT*, que possui um mecanismo duplo de pesquisa por vírus: um em tempo real e outro durante períodos pré-agendados e fora da hora de pico. Esse módulo provê uma política de gerenciamento central, de forma que uma máquina possa administrar a proteção contra vírus ao longo da rede de dados. Um arquivo de log armazena os eventos relacionados a vírus em toda rede, incluindo arquivos verificados, vírus encontrados e medidas tomadas [11].

**Firewall** – o *eTrust<sup>TM</sup> Firewall* força todos os usuários a entrar ou sair da rede da PMM através de um único ponto, garantindo controle de acesso e permitindo que somente usuários autorizados utilizem os sistemas instalados [11].

**Deteção de Intrusos** – o módulo *eTrust<sup>TM</sup> Intrusion Detection* complementa a segurança oferecida por *firewalls* e *proxies*, de modo a monitorar e detetar padrões conhecidos e suspeitos de atividade prejudicial à rede e oferecer mecanismos de alerta e automação de respostas em tempo real. As principais características desse módulo são [11]:

- Emite alerta por *e-mail*, *pager* ou envia comandos para um roteador, conforme o caso, ao detetar tentativas de ataques ocorridos na rede;
- Observa toda a atividade da rede, baseado em regras. Quando pelo menos uma delas é quebrada, verifica quem não está cumprindo as políticas de segurança dentro do ambiente corporativo, emitindo relatórios detalhados;
- Analisa o tráfego de páginas *web*, *sites* mais visitados, maiores consumi-

dores de recursos, atividades suspeitas, abusos de utilitários, tais como o comando `ping`, sessões de Telnet, etc. Essas informações permitem verificar, por exemplos, se a Internet está sendo utilizada com finalidade produtiva ou se existem funcionários “curiosos” executando atividades prejudiciais à imagem ou mesmo à atividade da organização;

- Possui extensa biblioteca de padrões de ataque que é atualizada periodicamente, permitindo a detecção de padrões de ataque à rede corporativa;
- Rastreia padrões de palavras, definidas pelo administrador, que possam indicar violações na política de segurança da organização, prevenindo que dados importantes sejam enviados indevidamente por *e-mail* ou publicados em um *site*;
- Permite controle de acesso de rede, baseado em regras que definem quais usuários podem ou não acessar recursos específicos na rede, possibilitando, por exemplo, restrição da abertura de sessões de Telnet para determinado servidor a partir de determinadas estações;
- Pode operar em *stealth mode*, ou seja, de modo a não ser percebido por intrusos. Com isso, *hackers* profissionais ou ocasionais podem ser monitorados sem que se percebam disso;
- Bloqueia *sites* e páginas *web* classificadas pelo administrador, impedindo navegação improdutiva e consumo desnecessário dos recursos da rede; e
- Permite gerenciamento remoto.

**Inspeção de Conteúdo** – o módulo *eTrust<sup>TM</sup> Content Inspection* verifica as assinaturas digitais de objetos assinados, extrai arquivos comprimidos e analisa

cada objeto Java executável de que será feito download. Este módulo possui uma porção da estação do usuário, de forma a marcar uma PSZ (*Personal Security Zone*) onde residem aplicações e dados sensíveis. Este *software* roda em *background*, monitorando em tempo real todos os processos, tarefas e aplicativos [11].

**VPN** – o módulo *eTrust<sup>TM</sup> VPN* provê segurança fim-a-fim, utilizando-se de uma combinação de controle de acesso à rede (*firewall*), mecanismos de criptografia, certificados digitais e autenticação de usuários para proteger tanto o perímetro quanto os servidores corporativos da intranet. Suas características são [11]:

- todos os usuários devem se autenticar antes de obterem acesso a serviços de rede restritos;
- pode configurar para que determinados grupos ou intranets inteiras não possam ser acessadas por tráfego não autenticado;
- permite a centralização de controles de acesso à rede, baseado em grupos pré-determinados de políticas de segurança. Administradores podem, por exemplo, selecionar quais *hosts* são confiáveis apesar dessas restrições e bloquear aqueles aos quais não são permitidos nenhum acesso; e
- possui política automática de criptografia que executa *handshakes* seguros com outros *hosts* confiáveis e, portanto, criptografando automaticamente todo o tráfego da rede. A criptografia é transparente para os usuários e é administrada centralizadamente pelo administrador de VPN. 3DES com chave de 168 bits em conjunto com RSA 1024 bits e certificados X.509v3 são métodos de autenticação utilizados.

Embora estejam em um mesmo equipamento, as portas de acesso externo recebem endereços inválidos, ficando fora da rede e fora da Internet. Entre o acesso externo e a rede interna existe um *proxy*, e funcionando por trás dele, um *switch*. Esse *proxy* faz o roteamento através de uma tabela e a definição dos serviços que vão ser utilizados tipo: *web*, FTP, telnet, portais, Mirc, ICQ, todas elas definidas no *proxy*. Através do roteamento existente no *proxy*, são determinados os acessos das WANS. Por questão de segurança, existe um roteador na porta válida e um roteador funcionando por trás do *proxy* para a rede inválida.

Caso aconteça uma invasão de um *hacker*, ele não tem o endereço IP e não sabe o endereço da rede local, mesmo que ele consiga quebrar a senha de segurança, o invasor não terá como descobrir a interface interna.

Caso o ataque seja feito de modo indireto, através de *e-mails* infectados por vírus, por exemplo, o antivírus instalado nas máquinas dos usuários e no servidor de *e-mail* pode detectar e isolar o problema.

#### **4.1.7 Aplicações sobre a RMP Manaus**

Sobre a RMP Manaus estarão rodando duas aplicações corporativas que foram concebidas com o intuito de se integrarem no nível de modelo de dados corporativo em uma fase posterior. Além das aplicações corporativas, desenvolvidas *in house* com a participação de funcionários internos e consultores contratados, roda sobre a RMP Manaus os serviços de correio eletrônico e servidor www. O projeto é expandir esses serviços e tornar a Prefeitura de Manaus um ISP (*Internet Service Provider*), via linha discada, para uma comunidade restrita de usuários selecionados segundo critérios ainda não definidos.

As aplicações principais de rede que rodam sobre a RMP Manaus são o STI (Sistema Tributário Integrado) e o SAI (Sistema Administrativo Integrado). Tanto o STI como o SAI terão como universo de ação e atendimento toda a rede metropolitana, tornando as especificações e exigências para tais sistemas extremamente complexas de pontos de vista como segurança, consistência e administração de aplicações.

### **Sistema Tributário Integrado**

O STI é um sistema essencial para administração pública municipal no que diz respeito à arrecadação dos tributos municipais (ISS - Imposto Sobre Serviços, IPTU - Imposto Predial e Territorial Urbano, ITBI - Imposto sobre Transferência de Bens Imóveis, Alvará de Localização e Funcionamento).

### **Sistema Administrativo Integrado**

O SAI é um sistema integrado de informação que contempla todas as fases e requisitos exigidos pela Lei 4.320/64 e que, ao mesmo tempo, comporta-se como uma ferramenta de apoio a decisão. Este objetivo é viabilizado através da implementação de quatro sistemas que possuem características operacionais independentes, mas trabalham integrados e cobrem os seguintes aspectos:

- **Sistema de Elaboração do Orçamento** – a integração flexível da fase de elaboração orçamentária com as demais fases. A possibilidade da simulação simultânea de múltiplos orçamentos sem que isto interfira com o orçamento em curso;
- **Sistema de Execução Orçamentária** – a fase de execução orçamentária, ênfase na operação, controle, gerenciamento e integração com todas as fases

anteriores e posteriores;

- **Sistema de Execução Financeira** – a fase de execução financeira caracteriza-se por funções rígidas de controle e a possibilidade da obtenção de respostas *ad hoc* a partir do relacionamento entre o grande número de variáveis que compõem o orçamento. Maximização da integração automatizada com as instituições bancárias e financeiras, além de integrar-se de forma harmônica com as fases anteriores e posteriores;
- **Sistema de Contabilidade Municipal** – a fase contábil caracteriza-se por registrar, dentro das normas legais, as realizações orçamentárias do governo municipal. Possibilita ainda visões e análises integradas dos registros contábeis e de suas interações com as fases anteriores. Visando a integração com o STI, o Sistema de Contabilidade Municipal possuirá uma arquitetura completamente aberta possibilitando, mediante compatibilidade de interface, aos demais sistemas a realização de lançamentos e consultas contábeis pré-definidas.

O SAI está inserido em um contexto onde são necessárias integrações com os demais projetos e sistemas especializados em outros assuntos de interesse público. Dentre essas integrações, citamos: integração com o Sistema de Geoprocessamento, integração com o Sistema Programa Médico da Família, integração com o STI.

#### **Acesso à Internet, correio eletrônico e FTP**

A instalação e entrada em funcionamento da RMP Manaus naturalmente disponibilizou a estrutura necessária para a implementação dos serviços de correio eletrônico, FTP e conseqüentemente de servidor www. Com estes recursos os colabo-

radores da Prefeitura de Manaus passaram a contar com uma ferramenta adicional para o trabalho cooperativo.

Atualmente o servidor *www* hospeda o *site* da PMM. Entretanto existem projetos para se disponibilizar recursos e informações de interesse organizacional nesse servidor. Um dos principais projetos é disponibilizar os manuais de operação do SAI a fim de que os usuários possam tirar qualquer dúvida a qualquer hora utilizando apenas o browser. Outra aplicação ainda sobre o suporte fornecido pela rede é a implementação de um *chat* com controle remoto de aplicação para *helpdesk* do SAI.

Existe também o serviço de FTP disponibilizado pelo *site* da PMM, inclusive na aplicação de DMS pela Internet, onde o contribuinte pode baixar o *software* de entrega da DMS e suas atualizações. No âmbito interno de acesso a RMP Manaus, este serviço é restrito e somente liberado pelo administrador da rede quando da necessidade de troca de grandes volumes de dados entre grupos da PMM e parceiros externos, como por exemplo a disponibilização deste serviço para a movimentação dos dados relativos ao Programa Médico da Família. Essa operação foi realizada com a monitoração da administração da rede que após a sua conclusão voltou a restringir (desabilitar) o uso do FTP diretamente para dentro dos servidores da RMP Manaus.

A aplicação de correio eletrônico entrou em funcionamento há quase dois anos. Porém ainda encontra-se em fase de maturação e assimilação organizacional. Ou seja, apesar de muito difundido pela mídia o uso de *e-mail* na Prefeitura de Manaus não conta com o apoio e a motivação oficial. Assim sua utilização fica restrita a



um pequeno número de usuários empreendedores que solicitam o acesso a tal serviço para a administração de rede. Faz-se necessária a elaboração de uma política formal e criteriosa para a distribuição e emprego deste recurso como ferramenta oficial de trabalho visando aumentar a produtividade de cada colaborador.

A RMP Manaus e sua estrutura estão disponíveis para os diversos grupos de informática da Prefeitura de Manaus instalados nas diversas secretarias e órgãos da administração indireta. Temos certeza que com o passar do tempo e a aquisição da cultura de rede metropolitana, muitos outros aplicativos surgirão para aproveitar todo o potencial que a RMP Manaus pode disponibilizar.

## 4.2 Topologia da Rede de Telefonia Fixa Comutada da PMM

Dos órgãos da PMM distribuídos geograficamente na cidade de Manaus, quatro deles possuem centrais telefônicas: Sede, IMPLURB, CAC e SEMED. Os demais órgãos possuem linhas telefônicas providas por operadora de telefonia fixa local.

**Sede:** na Sede da PMM está instalada uma central telefônica Siemens modelo

Hicom 330E, do tipo CPCT<sup>4</sup> digital<sup>5</sup>. Tem capacidade instalada para 272 ramais, sendo 96 analógicos e 176 digitais. As secretarias atendidas por essa central telefônica são: SEMEF, SEMCOM, GABCIVIL, SEMDEC, AGM, PGM, SEAPP e SEAC. A integração com a rede pública de telefonia (PSTN) se dá

---

<sup>4</sup>Central Privada de Comutação Telefônica, mais comumente conhecida como PBX (*Private Branch Exchange*) [1]

<sup>5</sup>Centrais telefônicas digitais ou temporais (CPA-T) são aquelas cuja estrutura interna de áudio é digital, ou seja, as matrizes de comutação dos circuitos de voz são digitais. Nesse tipo de central, a conversão analógico-digital é realizada na placa de interface de assinantes [1].

através de 2 troncos E1, com capacidade de 30 canais digitais, cada.

**IMPLURB:** localizado ao lado do prédio da Sede da Prefeitura de Manaus, o IMPLURB possui, na verdade, uma extensão remota da central telefônica Hicom 330E da Sede. Essa extensão remota contém algumas placas de ramais analógicos e a placa *gateway* HG 1500, que possibilita a integração com a rede de dados, através de 16 canais VoIP. Essa placa ainda não foi configurada para operar, pois se aguarda a aquisição de placas para as demais centrais telefônicas.

**CAC:** no prédio do CAC encontra-se instalada uma central telefônica Equitel modelo Saturno 4000E, do tipo CPCT híbrida <sup>6</sup>. Tem capacidade instalada para 108 ramais, todos analógicos. A integração com a rede pública de telefonia (PSTN) se dá através de 24 troncos (canais) analógicos.

**SEMED:** no prédio da SEMED encontra-se instalada uma central telefônica Siemens modelo Euroset 48i, do tipo CPCT híbrida. Tem capacidade instalada para 40 ramais, todos analógicos. A integração com a rede pública de telefonia (PSTN) se dá através de quatro troncos (canais) analógicos. Esta central atende os seguintes órgãos da PMM, localizados nas redondezas do prédio da SEMED: SEMTRA, SEMASC, SEMOSB, SEMSA e SEDEMA.

Na Tabela 4.4, encontra-se um resumo das principais características das centrais telefônicas dos órgãos da PMM.

---

<sup>6</sup>Centrais telefônicas analógicas ou espaciais (CPA-E) são aquelas cuja estrutura interna de áudio é digital, ou seja, as matrizes de comutação dos circuitos de voz são analógicas. Já as centrais telefônicas híbridas, possuem matriz de comutação composta por estágio(s) de comutação digital combinado(s) com estágio(s) de comutação analógica [1].

Tabela 4.4: *Características das centrais telefônicas instaladas nos órgãos da PMM.*

Órgão	Tipo	Marca	Modelo	Capacidade de ramais	Troncos com operadora externa
Sede + IMPLURB	CPCT Digital	Siemens	Hicom 330E	272 (ana.+dig.)	2 troncos E1
CAC	CPCT Híbrida	Equitel	Saturno 4000E	108 (ana.)	24 analógicos
SEMED	CPCT Híbrida	Siemens	Euroset 48i	40 (ana.)	4 analógicos

Tabela 4.5: *Linhas telefônicas externas existentes nos Órgãos e Secretarias da PMM.*

Órgão	Quantidade de linhas telefônicas
SEMSA (sede)	52
SEMASC	34
SEMAF	15
SEMESP	8
SEMTRA	19
SEMINF	52
SEMAD	64
SEDEMA	22
SEMOSB	61
Biblioteca	3
CFP	2
NTE	3
Escolas (SEMED)	80 (uma por escola)
Postos de saúde (SEMSA)	42 (uma por posto)
Fundação Villa-Lobos	40
Fundação Dr. Thomas	26
EMTU	50
IMPAS	10
Manaustur	5
PAC Cidade Nova	1
PAC São José	1
PAC Porto de Manaus	1
PAC Compensa	1
CMM	144
TCE	150
PRODAM	11

Essas centrais telefônicas não se encontram diretamente entroncadas, de forma que uma chamada telefônica realizada entre dois órgãos da PMM que não são servidos pela mesma central telefônica atravessam a rede pública de telefonia para alcançar seu destino. Isso representa gastos para a PMM, que poderiam ser evitados caso houvesse uma migração do cenário atual para o cenário apontado na Figura 2.2 na página 17.

Nas demais Secretarias e Órgãos da PMM, não existem PBX, mas apenas linhas telefônicas conectadas diretamente à PSTN. Toda vez que um desses órgãos necessita se comunicar com outro, é realizada uma chamada telefônica utilizando-se a operadora de telefonia local. A Tabela 4.5 apresenta a quantidade de linhas telefônicas para cada órgão.

### 4.3 Conclusão

Foram apresentados, no presente capítulo, as arquiteturas das redes de voz e de dados da Prefeitura Municipal de Manaus e os equipamentos de que são compostas. Esse conhecimento será necessário para embasar proposta de projeto de rede convergente de voz e dados, como será visto no capítulo a seguir.

## Capítulo 5

# Projeto de Implantação de Piloto VoIP na RMP Manaus

No capítulo anterior, foi visto que a RMP Manaus está presente nas diversas Secretarias e Órgãos Municipais espalhados geograficamente na cidade de Manaus e que atualmente transporta apenas dados. Foi visto ainda que toda comunicação de voz entre tais Secretarias e Órgãos é trocada via operadora de telefonia comutada, em um canal distinto daquele utilizado para o transporte de dados e a um custo adicional.

No Capítulo 2, foram vistas algumas soluções de convergência de redes de dados e de voz visando a redução de custos e o oferecimento de novos serviços aos usuários. Assim, no presente capítulo, será proposto um projeto para implantação de um piloto VoIP na Rede Metropolitana da Prefeitura Municipal de Manaus, observando-se os riscos apontados no Capítulo 3.

Dada a complexidade de um projeto desse porte, no qual deve-se considerar tanto as necessidades de um usuário final como as facilidades de configuração e manutenção da rede para a equipe de gerência e manutenção, algumas metas têm de ser estabelecidas para conduzir tal projeto:

- redução dos custos gerais com telecomunicações e redes de dados;

- modernização de tecnologias desatualizadas; e
- melhoria das comunicações na empresa ou instituição, o que compreende:
  - qualidade da fala, no mínimo, igual à mesma percebida antes da implantação do projeto;
  - oferecimento de novas facilidades aos usuários; e
  - interface usuário-equipamento amigável e intuitiva.

Basicamente, o delineamento do projeto-piloto será o resultado do conjunto das escolhas e considerações que serão realizadas nas seguintes etapas, detalhadas, uma a uma, nas próximas seções:

- identificação da interface de voz com usuário;
- caracterização do tráfego de voz trocado entre os órgãos da PMM; e
- caracterização do tráfego de dados na RMP Manaus.

## 5.1 Identificação da interface de voz com usuário

Antes da proposição do projeto-piloto, serão delineados aspectos gerais relacionados ao modo de interação usuário-equipamento, os quais servirão de base para as etapas futuras de especificação de protocolos, dispositivos e *softwares*. Assim, no que se refere à identificação da interface de voz com usuário, temos dois aspectos a analisar:

- o problema da escolha da interface de voz entre o usuário e a rede convergente de voz e dados; e

- como essa interface de voz interage com a central de comutação (de circuitos, no caso da telefonia tradicional, ou de pacotes, no caso da telefonia IP).

### Escolha da interface de voz

Por interface de voz entende-se o dispositivo utilizado como tradutor do sinal sonoro para sinal elétrico e vice-versa. No Capítulo 2, foram vistos dois tipos básicos de interface de voz: o fone do aparelho de telefone e o conjunto microfone/fone de ouvido conectados a um microcomputador.

Por enquanto, o foco é definir o dispositivo pelo qual a voz do usuário será capturada para a rede e pelo qual a rede reproduzirá a voz para o usuário, independentemente do tipo de tráfego dessa rede.

Tipicamente, o usuário médio da PMM faz uso do telefone para troca de informações entre órgãos ou para realizar contatos com fornecedores ou órgãos públicos de outras esferas administrativas. Dessa forma, não faz sentido esse usuário médio prender à cabeça um fone toda vez que desejar fazer um contato externo. Esse tipo de interface de voz seria mais adequado, por exemplo, para um *call-center* de uma empresa de cartões de crédito ou de entrega de produtos a domicílio.

Assim, seguindo a meta de simplicidade estabelecida no início do capítulo, a interface de voz a ser utilizada no piloto VoIP da RMP Manaus será o fone do aparelho de telefone, pois:

- seu uso é mais conveniente e fisicamente cômodo, posto que não se prende ao corpo do usuário;
- o gancho do aparelho telefônico pede tom de linha à central, dispensando que

o usuário, além de pegar o fone, tenha de pressionar uma tecla para pedir linha, facilitando, assim, o início e o término de chamadas; e

- seu uso é intuitivo e dispensa treinamento.

### **Interação da interface de voz com a central de comutação**

Uma vez selecionado o fone do aparelho de telefone como interface de voz do usuário a ser adotada no piloto VoIP da RMP Manaus, poderíamos optar entre:

- adquirir placas de interface para conectar aparelhos de telefone em microcomputadores, a fim de poderem ser utilizados como estações multimídia; ou
- utilizar ramais diretos da central telefônica ou de uma central de comutação de pacotes (roteadores ou PBX IP, por exemplo), centralizando a inteligência da comutação de chamadas em equipamentos concentradores da rede convergente.

A adoção da primeira opção citada obrigaria o usuário médio a esperar iniciar seu microcomputador para realizar uma chamada telefônica, o que seria extremamente incômodo, por exemplo, no caso de acionamento de serviços de emergência, tais como ambulância ou bombeiro. Além disso, uma conversação telefônica poderia ser interrompida caso ocorresse uma falha no sistema operacional da estação de trabalho ou poderia ter seu desempenho reduzido por causa de pedidos de interrupção de outros processos que também estão rodando na máquina [17].

Dessa forma, no projeto-piloto VoIP da RMP Manaus, serão utilizados aparelhos de telefones diretamente conectados a uma central de comutação (de voz ou de pacotes), pois:



- não é necessário aguardar processos de inicialização de sistemas operacionais e de aplicativos no microcomputador para se realizar uma chamada;
- um travamento no microcomputador por motivo de vírus, corrompimento de arquivos, danos no *hardware*, etc. não comprometem o uso do telefone;
- o usuário pode ser encontrado (chamado), ainda que, por algum motivo, esqueça de inicializar a máquina ou o aplicativo; e
- aproveita-se a infra-estrutura existente nos órgãos e Secretarias providos de centrais telefônicas.

Portanto, nas Secretarias que já dispõem de centrais telefônicas (ver Tabela 4.4), a interface de voz com o usuário poderá permanecer inalterada, pois a estrutura legada será utilizada para continuar provendo comunicabilidade aos usuários. A integração com a rede de dados efetuar-se-á entre a central telefônica e um dispositivo da rede de dados (roteador ou *switch*) por meio de um *gateway*, cujo papel é converter um tipo de sinalização e de codificação da voz em outro e vice-versa.

Quanto aos Órgãos e Secretarias que possuem apenas a rede de dados e que atualmente se comunicam com outros Órgãos e Secretarias através de linhas externas providas por uma operadora de telefonia, devemos observar caso a caso, levando em consideração os seguintes critérios:

**relação de vínculo com a PMM** – na Tabela 4.2 (p. 88), é expressa o grau de vínculo dos Órgãos e Secretarias listados na Tabela 4.5 com a PMM. De modo geral, todas as Secretarias (administração direta do município) terão suas redes de voz modificadas pelo projeto-piloto, ainda que em diferentes fases. Já a

Fundação Villa-Lobos, Fundação Dr. Thomas, Manaustur, IMPAS e EMTU, que não fazem parte da administração direta do município, no momento, não entrarão no escopo do projeto. O IMPLURB, apesar de também ser um órgão da administração indireta, será beneficiado pelo projeto-piloto, pois seu prédio é vizinho ao da Sede da PMM e lá se encontra o *gateway* de voz da central telefônica da Sede. Por fim, existem as repartições que não fazem parte da PMM mas cujas redes de dados estão integradas à RMP Manaus, como é o caso da PRODAM, CMM, TCE e PACs (ver Figura 4.2). Como suas redes de telefonia não são geridas pela PMM, elas definitivamente não serão incluídas no projeto-piloto.

**quantidade de linhas externas existente hoje** – algumas Secretarias possuem unidades de pequeno porte espalhadas pela cidade de Manaus:

- SEMED, que administra 80 escolas da rede municipal de ensino, a Biblioteca Municipal, o NTE e o CFP;
- SEMSA, que administra 42 postos de saúde; e

Essas unidades possuem de uma a três linhas telefônicas, conforme Tabela 4.5, o que não justifica a aquisição de uma central de comutação.

**necessidade por novos terminais de voz** – as linhas externas atualmente instaladas nos Órgãos e Secretarias não necessariamente atendem à demanda dos mesmos. Essa demanda se traduz da seguinte forma: há uma necessidade de comunicação interna com outros órgãos da administração pública, mas como atualmente não há um PBX para fornecer ramais internos, a instalação de

uma linha externa torna possível seu mal uso por parte dos usuários. E entre os custos de fiscalização de seu uso e os custos operacionais decorrentes da sua falta, opta-se pelos últimos. Assim, o projeto-piloto pode prever a instalação de uma central de comutação, a qual poderá fornecer ramais necessários para atender as necessidades operacionais desses órgãos, com a vantagem de ser possível restringir o acesso de alguns deles para a PSTN.

## 5.2 Caracterização do tráfego de voz

Nesta Seção, caracterizaremos o perfil do tráfego de voz da PMM, identificando o consumo de minutos em ligações internas à Prefeitura Municipal de Manaus, a fim de embasar quantitativamente uma das principais justificativas do projeto, que é a redução de custos através da otimização do uso dos recursos disponíveis.

Para isso, devemos esclarecer exatamente o que se entende por ligações internas e externas à PMM:

- **ligações internas:** são aquelas originadas por um Órgão ou Secretaria da PMM com destino a um telefone de outro ou do mesmo Órgão ou Secretaria da PMM.
- **ligações externas:** são aquelas originadas por um Órgão ou Secretaria da PMM com destino a qualquer outra linha telefônica da cidade de Manaus que não pertença a um Órgão ou Secretaria da PMM.

Assim, fez-se um levantamento, junto à operadora de telefonia local, da quantidade de minutos consumidos pelo CAC e pela Sede da PMM em ligações locais. De acordo com o número do telefone chamado, cada ligação foi classificada como

Tabela 5.1: *Consumo em minutos de ligações telefônicas originadas pelo CAC e pela Sede da PMM no mês de outubro de 2003.*

Órgão	Linha	Consumo de minutos		Consumo Total
		Ligações Internas	Ligações Externas	
CAC	(92)232-2518	55.741	2.937	58.678
	(92)236-4006	3.638	0	3.638
	(92)233-0868	8.514	0	8.514
	(92)233-0370	30.056	5.566	35.622
	(92)633-4354	3.602	373	3.974
	(92)633-3452	58.262	1.780	60.042
	(92)633-1464	3.241	6.373	9.614
	(92)232-7478	11.624	0	11.624
	(92)232-2823	36.562	2.569	39.131
	(92)232-2269	313	0	313
Sede PMM	(92)672-1500	29.417	8.059	37.476
<b>Total</b>		<b>240.969</b>	<b>27.657</b>	<b>268.626</b>

Tabela 5.2: *Consumo em minutos de ligações telefônicas originadas pelo CAC e pela Sede da PMM no mês de novembro de 2003.*

Órgão	Linha	Consumo de minutos		Consumo Total
		Ligações Internas	Ligações Externas	
CAC	(92)232-2518	46.047	2.426	48.473
	(92)236-4006	4.648	0	4.648
	(92)233-0868	8.066	0	8.066
	(92)233-0370	24.829	4.598	29.427
	(92)633-4354	4.602	476	5.078
	(92)633-3452	55.195	1.687	56.882
	(92)633-1464	2.677	5.265	7.942
	(92)232-7478	14.853	0	14.853
	(92)232-2823	34.637	2.434	37.071
	(92)232-2269	258	0	258
Sede PMM	(92)672-1500	37.589	10.297	47.886
<b>Total</b>		<b>233.403</b>	<b>27.183</b>	<b>260.585</b>

Tabela 5.3: *Consumo em minutos de ligações telefônicas originadas pelo CAC e pela Sede da PMM no mês de dezembro de 2003.*

Órgão	Linha	Consumo de minutos		Consumo Total
		Ligações Internas	Ligações Externas	
CAC	(92)232-2518	43.623	2.299	45.922
	(92)236-4006	3.840	0	3.840
	(92)233-0868	10.306	0	10.306
	(92)233-0370	23.522	4.356	27.878
	(92)633-4354	3.802	393	4.195
	(92)633-3452	70.527	2.155	72.682
	(92)633-1464	2.536	4.988	7.524
	(92)232-7478	12.270	0	12.270
	(92)232-2823	44.259	3.110	47.369
	(92)232-2269	245	0	245
Sede PMM	(92)672-1500	31.052	8.506	39.558
<b>Total</b>		<b>245.983</b>	<b>25.807</b>	<b>271.789</b>

Tabela 5.4: *Média do consumo em minutos de ligações telefônicas originadas pelo CAC e pela Sede da PMM no período de outubro a dezembro de 2003.*

Mês de referência	Consumo de minutos		Consumo total
	Ligações Internas	Ligações Externas	
outubro/03	240.969	27.657	268.626
novembro/03	233.403	27.183	260.585
dezembro/03	245.983	25.807	271.789
<b>Média mensal</b>	<b>240.118</b>	<b>26.882</b>	<b>267.000</b>

interna ou externa e sua duração foi somada à categoria correspondente. Ressalte-se que, no cômputo das chamadas externas, não foram incluídas aquelas de natureza interurbana, pois mesmo após a implantação do projeto-piloto, esse tipo de ligação continuará sendo efetuado via operadora de telefonia de longa distância.

O período observado foi de três meses, entre outubro e dezembro de 2003. As Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3 representam o consumo de ligações, em minutos, efetuado pelo CAC e pela Sede da PMM, relativo aos meses de outubro, novembro e dezembro de 2003, respectivamente. Na Tabela 5.4, temos a média de consumo de minutos em ligações internas e externas.

A partir da Tabela 5.4, observa-se que cerca de 90% (240.118 de 267.000 minutos) do tempo consumido em chamadas locais efetuadas pelo CAC e Sede é de natureza interna. Porém, na arquitetura existente hoje, todas essas ligações utilizam uma operadora de telefonia local para se completarem. Isso representa um custo duplo para a PMM, pois ela já despense com essa mesma operadora de telefonia para interconectar as redes de dados desses mesmos Órgãos e Secretarias, a um custo fixo. Portanto, o projeto-piloto deverá prever o entroncamento das centrais telefônicas da PMM por meio de voz sobre IP, tal como descrito na Figura 2.2 na página 17.

Deve ser enfatizado que o entroncamento das centrais não eliminará todos os custos da PMM com ligações telefônicas. Somente os custos relativos àquelas de caráter interno serão eliminados, o que por si só justifica o projeto, haja vista o perfil de consumo predominantemente interno.

Esse fato pode ser melhor observado a partir da Tabela 5.5. Nela, temos

Tabela 5.5: *Histórico de dispêndios mensais (em R\$) com telecomunicações efetuados pela PMM no período de outubro a dezembro de 2003.*

Mês	Total	Local	Longa Distância	Enlace de dados	VC1	Outros
out/03	433.046,00	224.459,37	5.806,79	39.410,87	146.340,94	17.028,03
nov/03	424.981,96	212.404,37	10.164,68	71.036,98	126.631,51	4.744,42
dez/03	484.660,86	232.717,34	10.095,00	78.863,32	147.142,90	15.842,30
<b>Média</b>	<b>447.562,94</b>	<b>223.193,69</b>	<b>8.688,82</b>	<b>63.103,72</b>	<b>140.038,45</b>	<b>12.538,25</b>

o total, em reais, dos dispêndios da PMM com telecomunicações. Esse total está distribuído em:

**chamadas locais** – são aquelas cujo destino é um número fixo localizado na cidade de Manaus. Engloba aquelas de natureza interna e externa à PMM.

**chamadas de longa distância** – são aquelas de natureza interurbana, também conhecidas como Discagem Direta à Distância (DDD). Ou seja, destinam-se a um número fora da cidade de Manaus.

**enlace de dados** – corresponde aos custos dos enlaces de dados entre os órgãos da PMM, descritos no capítulo anterior.

**chamadas VC1** – VC1 significa Valor de Comunicação 1, e corresponde às chamadas cujo destino é um número celular na cidade de Manaus (dado que elas se originam em Manaus).

**outros** – correspondem a ligações do tipo 0300, 0800 custeado pela PMM, chamadas de longa distância internacional e aos custos de assinatura mensal.

Portanto, os custos que poderão ser cortados em cerca de 90% não são os apresentados na coluna “Total” da Tabela 5.5, mas sim aqueles constantes na coluna “Local” da mesma tabela. Assim, se o tráfego interno de voz for migrado para a

rede de dados, os custos com ligações locais poderá reduzir de R\$ 223.193,69 para R\$ 22.319,37 (valores médios). Conseqüentemente, os gastos mensais totais poderão reduzir de R\$ 447.562,94 para R\$ 246.688,62, ou seja, em torno de 45%.

Antes, porém, de se especificar os equipamentos necessários para implantação do projeto piloto, deve ser verificado se a rede de dados possui largura de banda suficiente para suportar a adição do tráfego de voz.

### 5.3 Caracterização do tráfego de dados na RMP Manaus

Para caracterizar o tráfego de dados da RMP Manaus, foram escolhidos os *switches* `sw01_sede_info` e `sw01_cac_info`, pois representam, respectivamente, os nós de entrada e saída da rede de dados da Sede e do CAC, conforme Figura 4.3 (p. 86). Utilizou-se de um *software* monitorador de tráfego, o *Network Inspector*, da *Fluke Networks<sup>TM</sup>*, para emitir relatórios de utilização da largura de banda, os quais são exibidos nos Apêndices C, D, E e F.

Foram, ainda, escolhidos dois períodos de medição: um período típico de atividades da PMM, entre os dias 19 e 20 de janeiro de 2004 e um período atípico de atividades da PMM, entre os dias 05 e 06 de fevereiro de 2004, quando se efetua movimentação financeira para pagamento de pessoal e fornecedores.

Das informações contidas nos Apêndices C e E, observamos que o pico de utilização do *switch* `sw01_sede_info` é de cerca de 20% da banda disponível, durante o horário de expediente. Esses dados nos informam que a utilização da rede de dados é pequena, mesmo nos dias de maior carga na rede de dados, e que há grande



disponibilidade de banda para que a rede de dados também suporte o tráfego de voz.

## **5.4 Proposição do projeto-piloto de utilização do Teleporto da RMP Manaus para aplicações VoIP**

A partir da caracterização do tráfego da rede de dados realizada na Seção 5.3, verificou-se que há a possibilidade de se adicionar tráfego de voz ao tráfego já existente na RMP Manaus. Dessa forma, em uma primeira fase do projeto-piloto de utilização do Teleporto da RMP Manaus para aplicações VoIP, apenas os PBX atualmente existentes (Sede, CAC e SEMED) serão interconectados via entroncamento telefônico, utilizando a tecnologia de voz sobre IP.

Para os demais órgãos da administração direta da PMM que ainda não possuem um PBX e não se localizam no prédio da Sede da PMM, será proposta uma segunda fase do projeto-piloto, a ser iniciada após a consolidação da primeira fase descrita acima. Nela, deverão ser adquiridos PBX simples para facilitar a comunicação interna do órgão e o acesso dele aos demais órgãos da PMM e à PSTN. Exceção será feita somente à sede da SEMSA, como especificaremos a seguir.

### **5.4.1 Primeira fase do projeto-piloto**

Nesta primeira fase do projeto-piloto, será realizada a transferência do tráfego de voz dos PBX da Sede, do CAC e da SEMED para a rede de dados, através de *gateways* de voz/dados instalados em cada PBX.

Conforme comentado na Seção 4.2, o PBX da Sede da PMM, que está entroncado com o PBX do IMPLURB, já possui tal placa. Contudo, como visto na mesma Seção, os PBX do CAC e da SEMED são do tipo híbrido, ou seja, possuem

matriz de comutação composta por estágios de comutação digital combinados com estágios de comutação analógica. Como as placas *gateways* para PBX existentes no mercado não realizam conversão analógico/digital, pois são projetadas para trabalhar com centrais telefônicas digitais, elas não são compatíveis com os atuais PBX do CAC e SEMED.

Além disso, a manutenção desses dois PBX tem causado dificuldade à equipe responsável, pois eles tiveram sua fabricação descontinuada. Mais ainda, eles não oferecem as mesmas facilidades para um ambiente corporativo que as centrais digitais instaladas na Sede e IMPLURB têm disponíveis.

Dessa forma, considerando os aspectos anteriores e o porte desses órgãos (CAC e SEMED) em termos de volume e necessidade de tráfego de voz, a primeira fase deste projeto-piloto prevê a aquisição de dois PBX do tipo CPA-T (digital), contendo uma placa *gateway* cada um, a fim de modernizar a rede de telefonia do CAC e do SEMED e possibilitar a integração com a rede de dados. Esse cenário está descrito na Figura 5.1.

Na Figura 5.1, é possível verificar que esta primeira fase do projeto-piloto prevê ainda a aquisição de um PBX do tipo CPA-T (digital), com placa *gateway* para a SEMSA. Esta Secretaria possui hoje 52 linhas externas e tem pleiteado, há algum tempo, a instalação de um PBX em suas dependências. Essa necessidade poderá ser atendida em meio ao investimento a ser aplicado na primeira fase do projeto-piloto.

Ainda da observação da Figura 5.1, temos que a solução de rede convergente a ser adotada no projeto-piloto da PMM é o uso da voz sobre IP como *trunking*

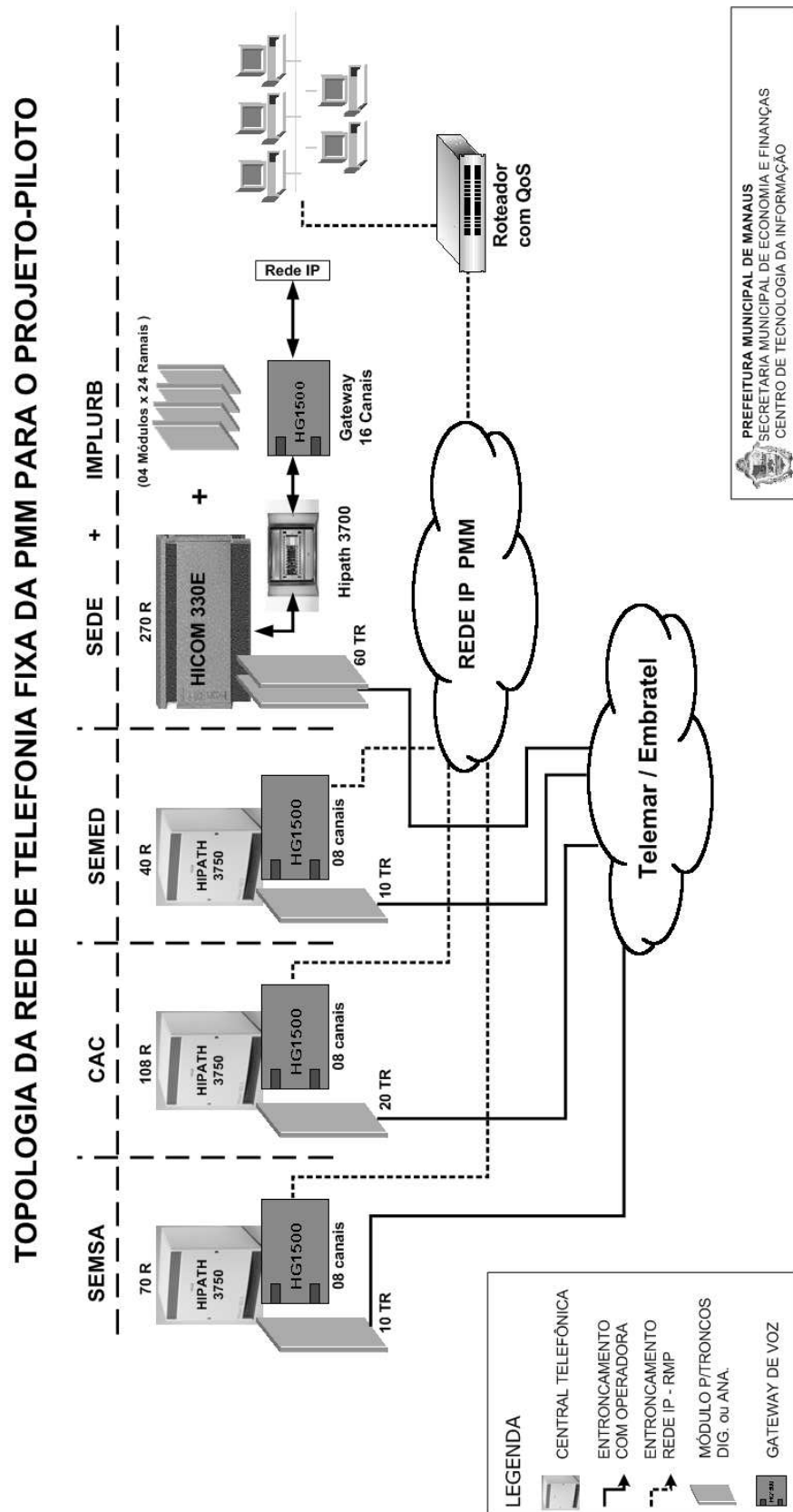


Figura 5.1: Primeira fase do Projeto-Piloto de utilização do Teleporto da RMP Manaus para aplicações VoIP.

telefônico entre os PBX, visando eliminar os custos relativos ao consumo apresentado na Tabela 5.4. Para tanto, os PBX dos quatro órgãos representados nessa figura devem ser configurados para analisar os dígitos discados e compará-los com uma tabela contendo o plano de numeração dos ramais da PMM. Caso o número discado tenha como destino um ramal conectado a um dos outros três PBX, a chamada deverá ser encaminhada pela placa *gateway*. Se o destino for uma linha externa de uma outra Secretaria da PMM ou outro telefone externo, a chamada deverá ser encaminhada pelo entroncamento com a operadora de telefonia local.

A placa *gateway* do PBX, a HiPath HG 1500, tem a função de conectar o PBX diretamente a uma LAN baseada no protocolo ethernet, através de conector RJ-45.

Uma outra solução possível para interligar os PBX com a rede de dados seria a interligação de cada um deles com um roteador, através de uma placa de tronco digital E1 instalada no PBX e de um módulo de voz instalado no roteador. Contudo, como os PABXs da Sede e da IMPLURB não possuem placa de tronco digital E1 vaga e o roteador também não possui um módulo de voz, a aquisição de tais dispositivos seria mais onerosa do que a compra de *gateway* HiPath HG 1500 [32,33].

Do ponto de vista da rede de dados, a placa HiPath HG 1500 utiliza o protocolo de sinalização H.323 para entrega dos pacotes de voz, a uma velocidade de 10/100 MBit/10 BaseT. Os codecs utilizados por ela são o G.711 (64 kbps) e o G.723.1 (5,3/6,3 kbps) e até dezesseis ligações podem ocorrer simultaneamente através dela. A placa *gateway* HiPath HG 1500 provê ainda suporte para imple-

mentação de qualidade de serviço e uso de clientes H.323 tradicionais, como por exemplo o Microsoft NetMeeting<sup>TM</sup> [32, 33].

Como nem todas as chamadas telefônicas originadas em cada um dos PBX têm destino um ramal conectado a outro PBX interligado ao projeto-piloto, deve ser dimensionado o número de saídas (canais) para a rede de telefonia pública (PSTN). Na Figura 5.1, foi especificado cada quantidade.

No PBX da Sede, manteve-se o mesmo número de canais utilizado hoje em dia (60 canais, ou dois feixes E1). Após a consolidação do projeto-piloto, deverá ser realizada uma verificação do uso desses canais, a fim de que se solicite a desativação daqueles ociosos.

No PBX do CAC, especificou-se 20 canais, pois utiliza-se hoje em dia 28 troncos analógicos e como a operadora de telefonia oferece apenas múltiplos de 10 canais, optou-se por um número menor, já que o entroncamento VoIP das centrais diminuirá a necessidade de tráfego de voz através da operadora.

Nos PBX da SEMSA e da SEMED optou-se pelo número mínimo de canais oferecidos pela operadora (dez canais).

#### **5.4.2 Segunda fase do projeto-piloto**

Após a consolidação da primeira fase do projeto-piloto, teremos *know-how* suficiente para partir para uma nova fase do projeto, na qual pretende-se dotar as demais secretarias da Administração Direta do Município de centrais telefônicas simples, entroncadas via RMP Manaus.

A Tabela 5.6 apresenta um dimensionamento do número de ramais previstos para os PBX a serem adquiridos e o número de canais necessários para entroncá-

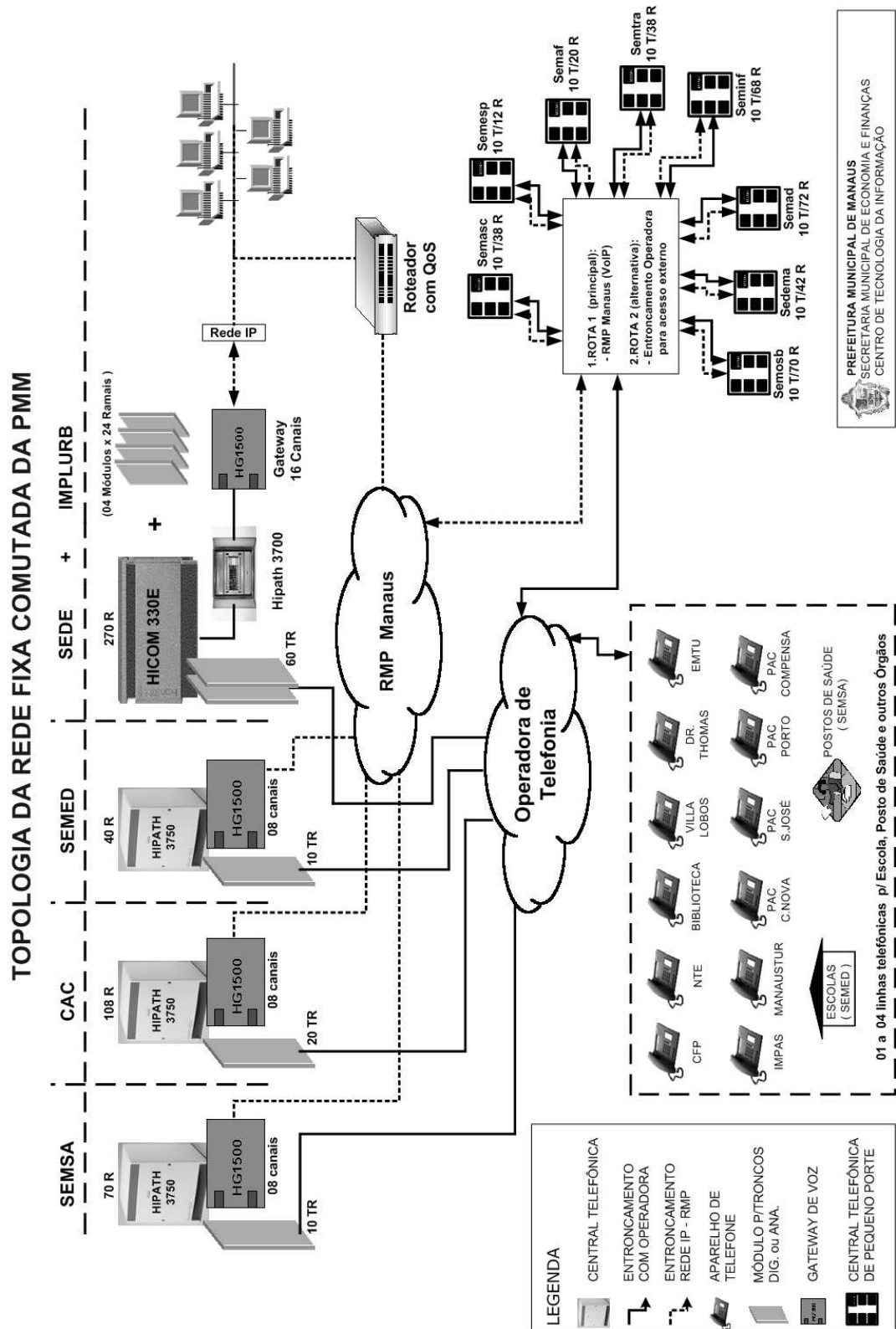


Figura 5.2: Segunda fase do projeto-piloto de utilização do Teleporto da RMP Manaus para aplicações VoIP.

Tabela 5.6: *Dimensionamento de quantidade de ramais e canais de entroncamento com operadora de telefonia para os PBX a serem adquiridos para os órgãos da Administração Direta da PMM.*

Órgão	Quantidade de linhas		Quantidade prevista de canais tronco
	Existente	Prevista	
SEMASC	34	38	10
SEMAF	15	20	10
SEMESP	8	12	10
SEMTRA	19	38	10
SEMINF	52	68	10
SEMAD	64	72	10
SEDEMA	22	42	10
SEMOSB	61	70	10

los com a PSTN. Para determinar o número de ramais necessários por Secretaria, foram contatados os respectivos Secretários responsáveis, os quais informaram os dados constantes nessa tabela.

O critério utilizado para a escolha do número de troncos entre cada PBX e a rede de telefonia pública foi, tal como feito para SEMED e SEMSA, o número mínimo de canais no tronco oferecido pela operadora de telefonia local: dez.

A Figura 5.2 mostra a integração desses PBX com os demais através da RMP Manaus. O entroncamento com a operadora de telefonia local servirá para a realização de chamadas interurbanas e como rota alternativa em caso de falha da rede de dados. Nesta segunda fase do projeto, todos os PBX deverão ser configurados para encaminhar as chamadas de âmbito interno pela RMP Manaus e as de natureza externa pela operadora de telefonia.

As linhas externas das unidades de pequeno porte (Escolas, PACs e postos de Saúde) e nos Órgãos da Administração Indireta do Município, constantes na Tabela 5.7, deverão ser mantidas, pois não há sentido em se adquirir uma central telefônica para manter de uma a três linhas nessas repartições. Uma solução de

redes convergentes poderia ser a aquisição aparelhos de telefonia IP, mas o investimento necessário não compensam a economia em ligações telefônicas. Além disso, por ser um aparelho caro, há restrições administrativas com relação ao controle de grande quantidade de aparelhos IP, à manutenção e conservação dos mesmos e ao treinamento para sua utilização.

Tabela 5.7: *Linhas telefônicas existentes nas unidades de pequeno porte e nos órgãos da Administração Indireta da PMM.*

Órgão	Quantidade de linhas telefônicas
Biblioteca	3
CFP	2
NTE	3
Escolas (SEMED)	80 (uma por escola)
Postos de saúde (SEMSA)	42 (uma por posto)
Fundação Villa-Lobos	40
Fundação Dr. Thomas	26
EMTU	50
IMPAS	10
Manaustur	5

## 5.5 Conclusão

O projeto-piloto apresentado neste capítulo prevê o uso do teleporto da RMP Manaus como meio de entroncamento das centrais telefônicas instaladas ou a serem instaladas nos Órgãos e Secretarias ligadas à administração pública direta da PMM. A implantação do projeto obedecerá duas fases, com o objetivo de diluir o gasto total necessário e de possibilitar ajustes nas especificações, com base nas dificuldades observadas durante a primeira fase.



## Capítulo 6

# Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

Esta dissertação apresentou de forma sistemática o levantamento de dados para elaboração de um projeto-piloto de implantação de voz sobre IP na Rede Metropolitana da Prefeitura Municipal de Manaus (RMP Manaus). Apesar de aplicada ao cenário das redes de voz e de dados da Prefeitura Municipal de Manaus, a sistematização aqui apresentada permite ser replicada em outros cenários, não só de prefeituras de outros municípios brasileiros, mas de qualquer empresa ou instituição cujas instalações prediais se assemelhem a um *campus*.

No primeiro capítulo, vimos que o transporte de voz em redes de dados surgiu como conseqüência natural da evolução dessas redes. Por suas características apresentadas, as redes de dados baseada na arquitetura TCP/IP predominam em diversos ambientes, daí o interesse de se transportar a voz humana encapsulada no protocolo IP.

Concomitante com a evolução das redes de dados, outras redes também se desenvolveram, entre elas as redes emissoras de rádio, de televisão e, especialmente, as redes de telefonia baseadas na comutação de circuitos. No ambiente corporativo, logo se verificou que a manutenção de redes fisicamente diferentes, mais notada-

mente as de voz e de dados, era dispendiosa. Dessa forma, iniciaram-se pesquisas e implementações para convergência dessas duas diferentes aplicações em uma mesma rede física. Tal tendência foi analisada no Capítulo dois, no qual ainda foram estudados os cenários tradicionais de redes convergentes e os principais protocolos de sinalização de voz sobre IP.

Na verdade, esse levantamento bibliográfico constitui o primeiro passo do projetista para elaboração de um projeto de implantação de voz sobre IP em sua organização. Por conta dos custos financeiro e operacional envolvidos, o gerente de redes e sua equipe encarregados do projeto devem estar familiarizados com a tecnologia e suas tendências, a fim de reduzir a dependência das opiniões dos fabricantes.

Além de conhecer a tecnologia, o projetista deve conhecer também os possíveis impactos do projeto na qualidade da voz transportada e na velocidade com que os dados continuam sendo trafegados. Isso implica que o projeto é apenas o marco inicial da convergência. A rede convergente deve ser constantemente monitorada e a qualidade da voz avaliada, de acordo com os métodos vistos no Capítulo três.

Nesse mesmo capítulo, levantou-se os aspectos legais da migração do tráfego de voz da rede de comutação de circuitos para a rede de comutação de pacotes. Verificou-se que a legislação não impõe impedimento algum para tal no âmbito interno de empresa ou organização, tal como é o cenário da Prefeitura Municipal de Manaus.

Um projeto que prevê a mudança da forma de uma organização comunicar-se e que afeta o tráfego de um de seus bens mais preciosos, que são os dados trocados e armazenados entre as estações, está sujeita a diversos riscos e dificuldades. Além de conhecer como funciona a tecnologia de voz sobre IP, o projetista deve conhecer

como ela pode vir a falhar. Procurar na literatura estudos de caso e selecionar os mais semelhantes ao cenário de sua organização constitui uma importante etapa do projeto de implantação do projeto-piloto, tal como visto ainda no Capítulo três.

Como todo projeto tem um ponto de partida, o gerente responsável pelo mesmo deve conhecer profundamente a arquitetura atual das suas redes de voz e de dados, as quais pretende convergir. No Capítulo quatro, foi elaborado um levantamento detalhado das redes de telefonia e de dados da PMM. Apesar das peculiaridades da PMM, o gerente de redes de qualquer outra organização deve ter conhecimento dos equipamentos dos quais é responsável, qual a topologia e configuração dos mesmos, a fim de elaborar uma especificação menos onerosa e mais eficiente.

O usuário, agente produtor da organização, não pode ser olvidado em meio a equipamentos, configuração e tendências. Sua interface com a rede convergente deve ser amigável e intuitiva. Essa preocupação foi explicitada no Capítulo cinco e fundamentou certas decisões do projeto, tais como a utilização do aparelho de telefone como interface de voz e de centralização da inteligência de roteamento das chamadas. Verificou-se que há riscos de indisponibilidade de serviço caso se utilizem *desktops* multimídia como estação de comunicação. Essa solução é mais aceitável para o ambiente doméstico do que para o corporativo.

Continuando a etapa de levantamento de informações sobre a rede de telefonia, constatou-se que 90% do consumo em minutos da PMM com ligações locais é de natureza interna. Ou seja, a PMM utiliza uma operadora de telefonia para efetuar a quase totalidade de suas comunicações de voz internas. Considerando que

a PMM também possui gastos com essa mesma operadora para trafegar dados entre as redes de computadores de seus Órgãos e Secretarias distribuídos geograficamente pela cidade de Manaus, a convergência viria a reduzir consideravelmente suas despesas. Verificou-se, assim, que os gastos mensais com telecomunicações podem reduzir dos R\$ 447.562,94 médios atuais, para R\$ 246.688,62 (cerca de 45%).

Contudo, seria precipitado fazer a migração do tráfego de voz sem um estudo dos impactos sobre o desempenho da rede de dados. Por isso, efetuou-se uma monitoração do tráfego da rede de dados da PMM, a fim de se verificar a viabilidade dessa rede receber um tráfego adicional de voz sem perda sensível da qualidade da voz e da velocidade da própria troca de dados. Verificou-se que a RMP Manaus atinge picos de, no máximo, 20% de utilização, fato que permite a migração do tráfego de voz para a rede de dados.

Por fim, elaborou-se um projeto-piloto, em duas fases, para implantação de aplicações VoIP no Teleporto da Rede Metropolitana da Prefeitura Municipal de Manaus. Na primeira fase, serão entroncados via VoIP os quatro PBX da PMM, os quais concentram o tráfego de voz das principais repartições (Sede, CAC, SEMED e SEMSA). Na segunda fase, serão adquiridas centrais de menor porte para aquelas Secretarias localizadas em áreas mais isoladas e com quantidade menor de usuários. Os órgãos de pequeno porte participantes da Administração Pública Municipal direta e indireta, os quais contam com uma ou duas linhas telefônicas, não serão contemplados pelo projeto-piloto, pois seus gastos atuais com contas telefônicas são equivalentes, a médio e longo prazo, ao investimento que seria efetuado para a integração com a rede convergente.

Elaborado o projeto-piloto, resta-nos sua implementação, através dos equipamentos especificados.

Futuramente, nosso próximo passo será a instalação de cabeamento óptico entre as Secretarias da Prefeitura de Manaus, estendendo o conceito da Rede Metropolitana também para a camada física. Após isso, haverá uma completa independência dos serviços de operadora de telefonia, o que representará economia substancial para o erário público. O custo de implantação seria amortizado pelo fato de a Prefeitura deter maquinário e mão-de-obra necessários para execução de tal projeto.

Experiências semelhantes foram conduzidas com sucesso em outras instituições, tais como a construtora Andrade Gutierrez e o Serviço Regional de Proteção ao Voo de Manaus (SRPV-MN). No primeiro caso, os três principais escritórios da construtora Andrade Gutierrez (Belo Horizonte, São Paulo e Rio de Janeiro) foram interligados por meio de voz sobre IP. Desde agosto de 2002, o DDD entre essas unidades foi abolido e a reserva de banda no enlace de dados para telefonia IP hoje representa 256 kbps, o que corresponde a 20% da banda gasta entre os três pontos [40].

No segundo caso, a rede WAN do Comando da Aeronáutica foi utilizada para entroncar o PBX do SRPV-MN com os de outras Unidades da Força Aérea (Brasília, Recife, Curitiba e Rio de Janeiro). Essa manobra representou redução em cerca de 40% dos gastos com telefonia interurbana, segundo dados obtidos junto àquele órgão [8].

Além disso, o conceito de uma rede metropolitana municipal pode ser es-

tendido também para as esferas de governo estadual e federal. Dessa forma, dados poderão ser compartilhados e aplicações multimídia contribuirão para a interação entre os órgãos públicos dessas três esferas de governo. Tal fato melhorará o desempenho do serviço público, ao facilitar, por exemplo, o controle sobre a situação escolar das crianças matriculadas nas três redes de ensino público, a troca de informações sobre prontuários de pacientes, ou a criação de um cadastro único para abertura de empresas, entre outros serviços.

## Referências Bibliográficas

- [1] AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. *Glossário*. Brasília, [200?].
- [2] ALMES, Guy, KALIDINDI, Sunil & ZEKAUSKAS, Matthew J. *A One-way Delay Metric for IPPM*. IETF RFC 2679. Set. 1999. Disponível em: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2679.txt>. Acesso em 01 jun. 2003.
- [3] ALMES, Guy, KALIDINDI, Sunil & ZEKAUSKAS, Matthew J. *A Round-trip Delay Metric for IPPM*. IETF RFC 2681. Set. 1999. Disponível em: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2681.txt>. Acesso em 01 jun. 2003.
- [4] ANDERSON, John. *Methods for Measuring Perceptual Speech Quality*. Agilent Technologies White Paper. USA, maio 2001.
- [5] BALBINOT, Ricardo et al. Voz sobre IP - Tecnologia e tendências. *In: Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*. Natal, 2003. p.321-363.
- [6] BERNAL FILHO, Huber. *Telefonia IP*. Tutorial do site Teleco. [200?]. Disponível em <http://www.teleco.com.br/tutoriais>. Acesso em 07 ago. 2003.
- [7] CARVALHO, Leandro S. G., MOTA, Edjair S. & QUEIROZ, Juliana M. Análise comparativa de padrões para medida de qualidade de voz, in: *Anais do SUCESU'2003*. Salvador, abr. 2003.
- [8] CARVALHO, Leandro S. G. Redução de custos [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por [guilherme@pmm.am.gov.br](mailto:guilherme@pmm.am.gov.br) em 4 abr.2004.

- [9] CISCO SYSTEMS. *Technical Considerations for Converging Data, Voice, and Video Networks*. 2000. 14p. Disponível em <http://www.cisco.com>. Acesso em 28 dez. 2003.
- [10] CLARK, Alan D. *Modeling the Effects of Burst Packet Loss and Recency on Subjective Voice Quality*. Columbia University IP - Telephony Workshop. [USA], 2001.
- [11] COMPUTER ASSOCIATES. *eTrust*. Brochura publicitária. 2003.
- [12] DAVIDSON, Jonathan & PETERS, James. *Voice over IP Fundamentals - A Systematic Approach to Understanding the Basics of Voice over IP*. Indianapolis: Cisco Press, 2000. 374p. ISBN 1-57870-168-6.
- [13] DOHERTY, Sean. *Converged Voice, Video & Data*. In: Network Computing Survivor's Guide to 2004. Dez. 2003. 4p. Disponível em <http://www.nwc.com/>. Acesso em 28 dez. 2003.
- [14] DOHERTY, Sean. *Digital Convergence*. In: Network Computing Survivor's Guide to 2003. Dez. 2002. 6p. Disponível em <http://www.nwc.com/>. Acesso em 28 dez. 2003.
- [15] FERNANDES, Nelson Luiz Leal. *Relação entre a qualidade das respostas das recomendações G.723.1 e G.729 e o comportamento da rede IP de suporte*. 170f. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Computação). COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, mar. 2003.
- [16] GALLO, Michael A. & HANCOCK, William M. *Comunicação entre Computadores e Tecnologias de Rede*. Pioneira Thonsom Learnig, São Paulo, 2003. 674 p. ISBN 85-221-0293-7.
- [17] HALL, Eric. *VoIP in the Enterprise*. Network Computing. Set. 2000. Disponível em <http://www.nwc.com/918/918f1.html>. Acesso em 10 out. 2003.
- [18] HERSENT, Oliver, GURLE, David & PETIT, Jean-Pierre. *Telefonia IP - Comunicação multimídia baseada em pacotes*. São Paulo, Prentice Hall, 2002. 452p. ISBN 85-88639-02-5.
- [19] ITU-T Recommendation G.107. *The E-Model, a computational model for use in transmission planning*. Genève, 1998.



- [20] ITU-T Recommendation G.114. *One-way transmission time*. Genève, 1996.
- [21] ITU-T Recommendation H.323. *Packet-Based Multimedia Communications Systems*. Genève, nov. 2000.
- [22] ITU-T Recommendation P.800. *Methods for subjective determination of transmission quality*. Genève, nov. 1996.
- [23] ITU-T Recommendation P.862. *Perceptual evaluation of speech quality (PESQ): An objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs*. Genève, 2001.
- [24] KOSTAS, Thomas J. et al. *Real-Time Voice Over Packet-Switched Networks*. IEEE Network, jan./fev. 1998.
- [25] LOVE, Susan et al. *A Case Study in Campus VoIP Deployment: Hype vs. Reality*. Estudo de Caso. [2000]. 12p. Disponível em <http://citeseer.nj.nec.com/402975.html>. Acesso em 21 set. 2003.
- [26] MELLO, José Barbosa & MELCHIOR, Silvia. *Noções da Legislação de Telecomunicações*. Tutorial do site Teleco. [200?]. Disponível em <http://www.teleco.com.br/tutoriais>. Acesso em 07 ago. 2003.
- [27] MONTEIRO, Rafael Flister. *Implementação de Transporte Robusto de Voz em Redes Baseadas em Protocolo IP*. 96f. Dissertação de Mestrado (pós-Graduação em Engenharia Elétrica). UFMG, Belo Horizonte, 2000.
- [28] MORRISSEY, Peter. *RFP: VoIP Invasion: Are You Ready for It?*. Network Computing. Nov. 2000. Disponível em <http://www.nwc.com/1122/1122f1.html>. Acesso em 10 out. 2003.
- [29] PASSITO, Alexandre, et al. *Análise de desempenho de tráfego VoIP utilizando o Protocolo IP Security*. Anais do I Workshop de Ciências da Computação e Sistemas da Informação da Região Sul. Florianópolis, Brasil, maio de 2004 (a publicar).
- [30] PROTOCOLS.COM. Disponível em <http://www.protocols.com/>. Acesso em 20 set. 2002.

- [31] ROSENBERG, Jonathan et al. *SIP: Session Initiation Protocol*. IETF RFC 3261. Jun. 2002. Disponível em: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>. Acesso em 30 ago. 2003.
- [32] SIEMENS. *Glossário HiPath e termos do mercado de convergência*. Siemens Ltda. Information and Communication Networks. 2000.
- [33] SIEMENS. *HiPath HG 1500 - Multimedia communication in medium-size companies*. Siemens Ltda. Disponível em <http://www.siemens.com>. Acesso em 12 set. 2003.
- [34] SILVA JÚNIOR. Jucimar da Silva. *Uma Aplicação de Voz sobre IP baseada no SIP*. Dissertação de Mestrado. UFPE, Recife, ago. 2003.
- [35] SOARES, Lilian C. & FREIRE, Victor A. *Redes Convergentes - Estratégias para transmissão de voz sobre Frame Relay, ATM e IP*. Rio de Janeiro, Alta Books, 2002. 366p.
- [36] TANENBAUM, Andrew S. *Redes de Computadores*. 4. ed. Editora Campus, Rio de Janeiro, out. 2002. 946 p. ISBN85-352-1185-3.
- [37] TELECO. *FAQ sobre aspectos regulatórios da Telefonia IP*. Disponível em <http://www.teleco.com.br>. Acesso em 07 ago. 2003.
- [38] WALKER, John Q. & HICKS, Jeff. *Evaluating Data Networks for VoIP*. NetIQ Corporation whitepaper. 2001. Disponível em: <http://www.netiq.com>. Acesso em 07 set. 2002.
- [39] WALKER, John Q. & HICKS, Jeff. *The Essential Guide to VoIP Implementation and Management*. NetIQ Corporation book. 2002. Disponível em: <http://www.netiq.com>. Acesso em 07 set. 2002.
- [40] YURI, Flávia. Tijolo, Cimento e Voz sobre IP. *Revista INFO Exame*, São Paulo, p 70-71, mar 2004.

# Apêndice A

## Algoritmos de Codificação de Voz

Para reduzir a largura de banda necessária para a transmissão de voz digitalizada por um canal de comunicação são utilizadas técnicas de compressão de voz. Estes algoritmos permitem reduzir a banda necessária para transmissão de voz a fim de viabilizar sistemas de comunicação digital com taxas bastante reduzidas e tendo como objetivo uma qualidade semelhante ao sistema público de telefonia (PSTN).

A compressão de sinais é baseada em técnicas de processamento de sinais que retiram informações redundantes, previsíveis ou inúteis. A compressão pode acontecer com ou sem perda de informação. Tudo depende da degradação que se admite para o sinal de voz e do fator de compressão que se deseja atingir.

Os algoritmos de codificação de voz se dividem em dois grupos principais, a depender da técnicas de codificação empregada [15, 18, 27]:

- **codificadores da forma de onda (ou não-paramétricos).** Neste grupo de codificadores, o sinal de voz é codificado de forma a se obter um sinal reproduzido cuja forma de onda se assemelhe ao máximo à do sinal original. A codificação de forma de onda é utilizada quando uma qualidade elevada do sinal é exigida. Dentro desta categoria se encontram os métodos mais simples de codificação digital de voz (PCM e ADPCM).

- **codificadores de fonte (ou paramétricos)**. Este grupo de codificadores, ao invés de tentar representar digitalmente a forma do sinal de voz, consideram quase que apenas as características (parâmetros) do sinal de voz. Esta abordagem consiste no modelamento do processo de produção da voz. Este modelamento é então simplificado de forma que possa ser implementado a um custo computacional apropriado. Entretanto, o mecanismo de produção da voz humana não é simples e, portanto, modelagens, aproximações e simplificações acabam por tornar o processo de codificação da fonte inferior em qualidade em relação à codificação da forma de onda. Por outro lado, os codificadores paramétricos permitem uma redução considerável na taxa de transmissão, porém perdem-se certas características, tais como timbre de voz, tornando-a mais impessoal (efeito da voz metálica). Dessa forma, sistemas de codificação da fonte são utilizados quando é necessária uma baixa taxa de transmissão.

Há, ainda, um terceiro grupo de codificadores de voz, conhecidos como **codificadores híbridos** [15, 18, 27], por utilizarem as técnicas de ambas categorias durante o processo de codificação/compressão do sinal de voz.

A seguir, os algoritmos de compressão relacionados na Tabela 3.1 (p. 49) são descritos de acordo com os trabalhos de [18], [27] e [15].

## A.1 PCM logarítmico (lei A ou lei $\mu$ )

O codificador PCM (*Pulse Code Modulation*) é um codificador de forma de onda. Possui uma taxa de transmissão de 64 kbps e foi padronizado pelo ITU-T

como G.711, em 1972 [15].

Foi concebido como uma forma de digitalização do sinal de voz para ser tratado de maneira mais eficiente pelos sistemas digitais de comunicação. Como são realizadas 8.000 amostras do sinal analógico por segundo, o atraso de algoritmo para cada informação de voz digital (um octeto) é de 0,125 ms [15, 27].

Em um processo de amostragem, um sinal de voz contínuo no tempo é transformado em um sinal discreto no tempo. Para tanto, tomam-se amostras do sinal a intervalos periódicos. Para que o sinal original possa ser recuperado, a partir do sinal amostrado, é preciso que a frequência de amostragem obedeça ao critério de Nyquist, isto é, a frequência de amostragem deve ser maior ou igual ao dobro da maior frequência formadora do sinal [15, 18, 27]. Dessa forma, para um sinal com máxima frequência de  $f_{max}$ , a frequência de amostragem  $f_a$  deve ser:

$$f_a = 2 \times f_{max}$$

Para aplicações em sistemas telefônicos em PCM, a frequência de amostragem adotada é de 8.000 amostras da amplitude do sinal por segundo. Após feitas as amostragens, estas são quantizadas em 256 níveis, sendo utilizados 8 bits para representação ( $2^8 = 256$ ). Esse tipo de codificação necessita de um canal com banda de 64 kbps para transmissão do sinal digitalizado, já que são geradas 8.000 amostras de 8 bits por segundo [15].

O procedimento de quantização nada mais é do que a atribuição de um valor discreto aos níveis de amplitude do sinal contínuo amostrado. Esse processo gera um erro ou ruído de quantização que consiste na diferença entre o sinal na entrada

do quantizador e o sinal discreto na saída. Para que esse erro seja percentualmente pequeno, independente da amplitude, os níveis de quantização têm um espaçamento exponencial.

Esse codificador, historicamente com ampla utilização no mercado, prevê o uso de duas curvas para tratamento dos erros de quantização, denominadas por **Lei A** e **Lei  $\mu$** . Como a sensibilidade acústica do sistema auditivo humano não é linear, mas pode ser modelada logaritmicamente, é utilizada a compressão logarítmica, que basicamente elimina a representação de valores intermediários na escala logarítmica que não são significativos. A primeira é adotada na Europa e no Brasil, enquanto a segunda nos Estados Unidos e Japão [15].

## A.2 ADPCM

O codificador ADPCM (*Adaptive Pulse Code Modulation*) é um codificador de forma de onda e seu funcionamento é uma melhoria de outros codificadores baseados no PCM. Possui uma taxa de transmissão de 32 kbps e foi padronizado pelo ITU-T como G.726, em 1990 [15].

O PCM uniforme é um processo sem memória que quantiza amplitudes arredondando cada amostra para um valor de um conjunto discreto de valores. A diferença entre níveis de quantização diferentes, isto é, o tamanho do passo, é constante.

Uma quantização escalar mais eficiente é a PCM Diferencial (DPCM), que utiliza a redundância na forma de onda da fala, explorando a correlação entre as amostras próximas [27]. Na sua forma mais simples, um transmissor DPCM codifica somente a diferença entre amostras sucessivas e o receptor recupera o sinal por

integração. Os métodos de DPCM incorporam um processo de predição de curto período variante,  $A(z)$ , onde

$$A(z) = \sum_{i=1}^p a_i z^{-i}$$

e  $z$  é uma variável complexa no domínio da Transformada Z.

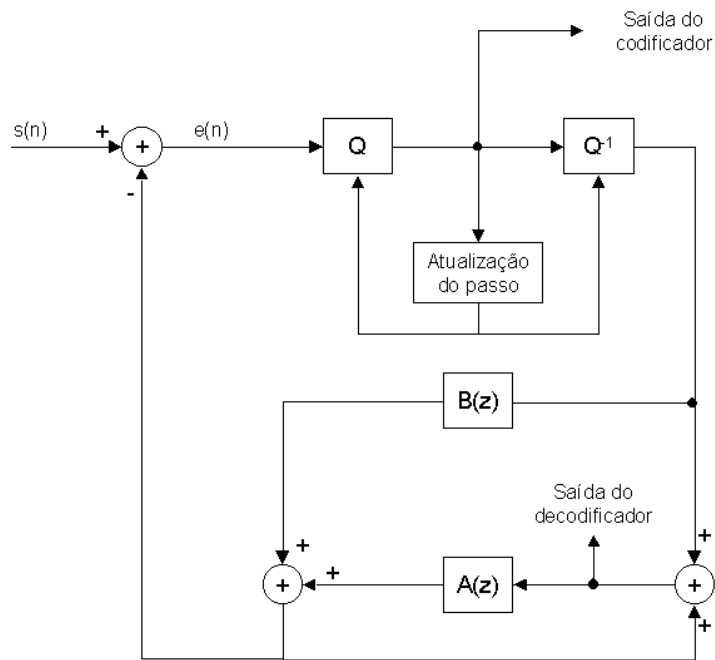


Figura A.1: Diagrama de blocos simplificado da codificação ADPCM (Fonte: [27]).

O ADPCM possui um tamanho de passo e um preditor que se adaptam e rastreiam as estatísticas variantes no tempo da fala. O preditor pode ser adaptativo antecipado ou adaptativo atraso. No primeiro caso, os parâmetros de predição estimados a partir dos dados da fala atuais que não estão disponíveis no receptor. Portanto, os parâmetros de predição devem ser codificados e transmitidos separadamente de modo a reconstruir o sinal no receptor.

No preditor adaptativo atraso, os parâmetros são estimados a partir dos dados da fala passados, que também estão disponíveis no receptor. Portanto, os parâmetros de predição podem ser estimados localmente no receptor. O diagrama

de blocos do codificador ADPCM é mostrado na Figura A.1.

### A.3 LD-CELP

O codificador LD-CELP (*Low-Delay Code Excited Linear Prediction*) é um codificador híbrido. Possui uma taxa de transmissão de 16 kbps e foi padronizado pela ITU-T como G.728, em 1992 [15].

Como o codificador trabalha com blocos de cinco amostras PCM e cada amostra tem um atraso de 0,125 ms, o atraso deste algoritmo é de 0,625 ms [15,27].

Após a conversão de PCM Lei A ou  $\mu$  para PCM uniforme, o sinal de entrada é agrupado em blocos de cinco amostragens consecutivas do sinal de entrada, no módulo buffer de vetor. Para cada bloco é feita uma comparação com todos os 1.024 vetores armazenados no dicionário de vetores quantizados, após esses terem passado pelas unidades de ganho e o filtro de síntese. A comparação que resultar na medida mais próxima apurada pelo módulo minimização de erro, indica o índice do dicionário que deverá ser transmitido pelo codificador [15,27]. Esse índice é formado por 10 bits. Daí a banda de 16 kbps consumida por essa técnica, já que das 8.000 amostras por segundo, a cada cinco amostras, temos uma seqüência de 10 bits a ser transmitida (Figura A.2).

Três parâmetros são atualizados periodicamente: o ganho e os coeficientes dos filtros de ponderação e síntese. Esses parâmetros são derivados do retorno de sinal do vetor precedente ao corrente. O ganho é atualizado a cada vetor, mas os coeficientes dos filtros são atualizados a cada 4 vetores, correspondendo a 20 amostras PCM ou 2,5 ms [15,27].



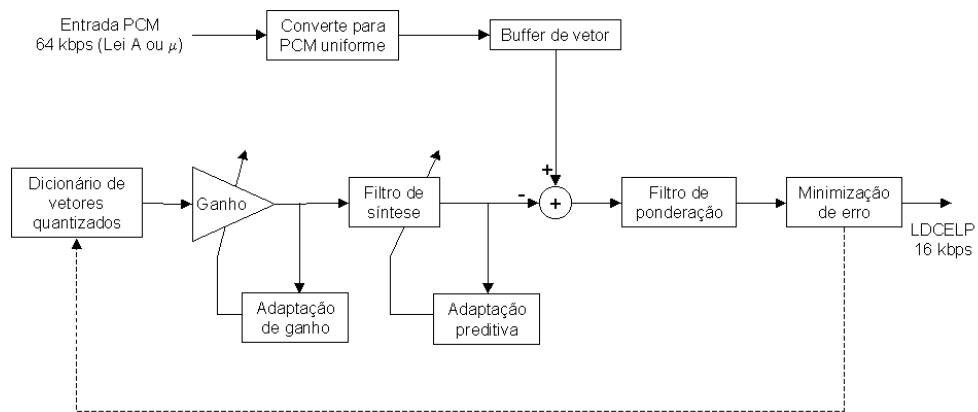


Figura A.2: Diagrama de blocos simplificado da codificação LD-CELP (Fonte: [15]).

Em 13 de novembro de 1995, foi publicado o Apêndice II da Recomendação G.728, onde é abordado o desempenho da fala em LD-CELP. Segundo ele, sob condições de transmissão sem erros, a qualidade da saída de um único codificador LDCELP 16 kbps é inferior ao do PCM 64 kbps, mas equivalente ao ADPCM (*Adaptive Differential Pulse Code Modulation*) 32 kbps. Em meios com taxa de erro até  $1 \times 10^{-3}$ , o desempenho do LD-CELP é equivalente ao do ADPCM 32 kbps sob taxa de erro de  $1 \times 10^{-2}$  [15].

## A.4 CS-ACELP

O codificador CS-ACELP (*Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction*) é um codificador paramétrico. Possui uma taxa de transmissão de 8 kbps e foi padronizado pela ITU-T como G.729 em 1996 [15].

Sua concepção foi de codificar um sinal de voz com qualidade total em 8 kbps, para ser usado em primeiro lugar por aplicações com comunicação sem fio e em segundo lugar por redes com fio que necessitem compressão da banda usada pelo sinal codificado, tais como circuitos transoceânicos [15, 27].

Esta Recomendação codifica a fala e outros sinais de áudio em quadros de

10 ms cada. Adicionalmente, temos um tempo de *look-ahead* de 5 ms, resultando em 15 ms o tempo de atraso do algoritmo.

Este codificador foi desenvolvido para operar com um sinal digital obtido de um sinal analógico resultante de filtragem, com largura de banda empregada em sistemas telefônicos, conforme Recomendação ITU-T G.712. Após 8.000 amostras por segundo, o sinal é convertido em um PCM linear de 16 bits, servindo de entrada para o codificador. A saída do decodificador é convertida para analógica de forma similar. Outra forma de entrada e saída, é a descrita pela Recomendação ITU-T G.711 para dados PCM a 64 kbps, sendo convertida em PCM linear de 16 bits antes da codificação e de PCM linear de 16 bits para o formato apropriado depois da decodificação [15,27].

Este codificador é baseado no modelo de codificação CELP, isto é, codificação por excitação linear preditiva, base da Recomendação G.728. Opera com quadros de 10 ms, correspondentes a 80 amostras das 8.000 do PCM. Para cada um dos quadros, o sinal de voz é analisado para retirada dos parâmetros do modelo CELP (ganho, índices dos dicionários fixo e adaptativo e coeficientes de filtro). Esses parâmetros são codificados e transmitidos ao meio, num total de 80 bits por cada quadro amostrado (Figura A.3).

Os coeficientes utilizados por seus filtros são gerados através do método de autocorrelação com janelas de observação de 30 ms. A cada 80 amostras (10 ms) os coeficientes são computados e é feito o deslizamento da janela. Dessa forma, a análise desses valores leva em conta as 120 amostras dos quadros passados, as 80 amostras do quadro atual e 40 amostras do próximo quadro (revelando aqui os 5 ms

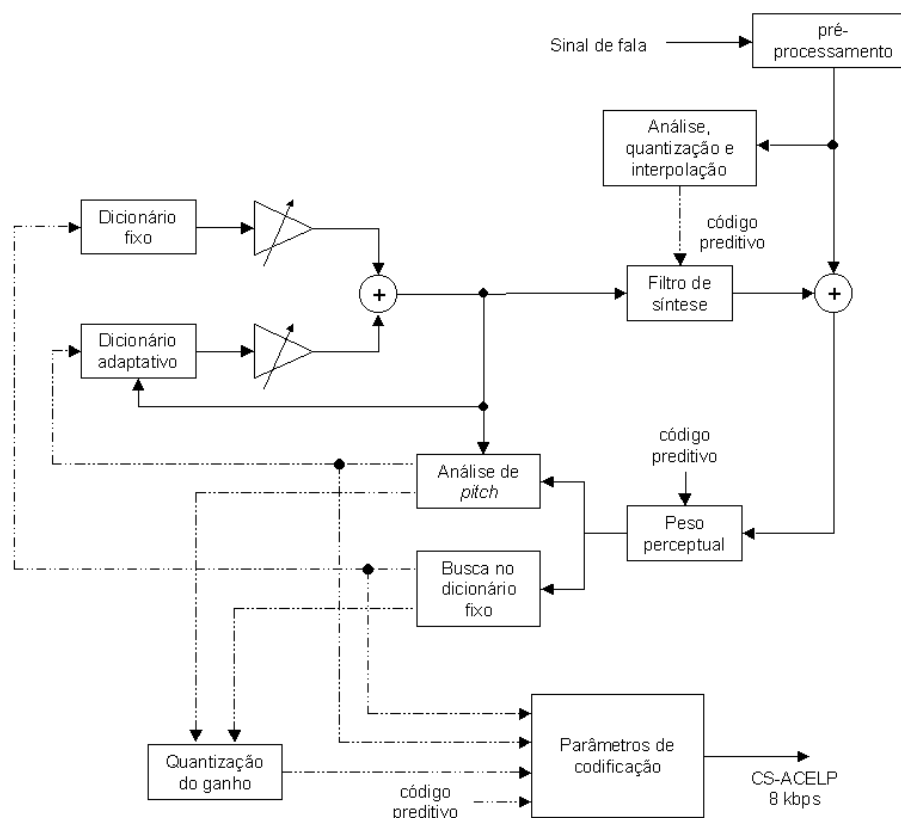


Figura A.3: Diagrama de blocos simplificado da codificação CS-ACELP (Fonte: [15]).

de *look-ahead* da codificação) [15, 27].

## Anexo A

Apesar de contemporânea da Recomendação G.723.1, os requisitos computacional e de memória do algoritmo CS-ACELP eram superiores. Em maio de 1996, foi apresentado o Anexo A da Norma, reduzindo sua complexidade e mantendo a interoperabilidade com a G.729 original. O funcionamento básico do algoritmo na G.729 Anexo A é o mesmo da G.729. As principais simplificações feitas foram com relação à operação dos filtros e forma de busca nos dicionários de vetores [15].

## Anexo B

Aprovado em outubro de 1996, o Anexo B descreve o detetor de voz ativa (VAD) e gerador de ruído de conforto (CNG), ambos usados na compressão de

silêncio, tanto na Recomendação G.729 como na G.729 Anexo A [15].

## A.5 ACELP

O codificador ACELP (*Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction*) é um codificador paramétrico. Sua taxa de transmissão é de 5,3 kbps e foi padronizado pela ITU-T como G.723.1 em 1996 [15].

Esta Recomendação especifica uma codificação usada para compressão de voz ou sinal de áudio de um serviço multimídia para meios de muito baixa velocidade de transmissão. No projeto deste codificador, a principal aplicação considerada foi de videofone, como parte dos padrões da família da Recomendação H.324 [15,27].

Independente de qual das duas velocidades em uso, são necessários 30 ms para a formação de um quadro. Adicionalmente, temos um tempo de *look-ahead* de 7,5 ms, resultando em 37,5 ms o tempo de atraso do algoritmo [15,27].

Este codificador foi projetado para operar com um sinal digital obtido de um sinal analógico resultante de filtragem com largura de banda empregada em sistemas telefônicos, conforme Recomendação G.712. Após 8.000 amostragens por segundo, o sinal é convertido em um PCM linear de 16 bits, servindo de entrada para o codificador. A saída do decodificador é convertida para analógica de forma similar. Outra forma de entrada e saída, é a descrita pela Recomendação G.711 para dados PCM a 64 kbps, sendo convertida em PCM linear de 16 bits antes da codificação e de PCM linear de 16 bits para o formato apropriado depois da decodificação [15,27].

É baseado no princípio de análise do sinal para síntese do resultado, tentando minimizar o peso percentual do erro do sinal. Opera com blocos de 240 amostras cada, obtidos da observação em 30 ms, das 8.000 amostras por segundo. Cada

bloco é inicialmente submetido a um filtro passa alta, para remoção da componente DC e em seguida é dividido em quatro subquadros com 60 amostras cada [15,27].

O processo de codificação é similar ao descrito no algoritmo do CS-ACELP. Neste, uma janela deslizante de observação, com tamanho de 180 amostras é centrada em cada subquadro, gerando quatro conjuntos de parâmetros que serão agrupados, codificados e transmitidos. Esses parâmetros, tal como no algoritmo CS-ACELP, também são referentes a valores de ganho, índices de dicionários e coeficientes de filtros usados no modelo [15,27].

Quando a janela está centrada no último subquadro de cada uma das 240 amostras, deverá considerar também o primeiro subquadro do próximo quadro, para a obtenção do último grupo de parâmetros. Como cada amostra leva 0,125 ms e um subquadro tem 60 amostras, o atraso de *look-ahead* é de 7,5 ms [15,27].

## A.6 RPE-LTP

O codificador RPE-LTP (*Regular Pulse Excitation - Long Term Prediction*) é um codificador híbrido e é o algoritmo do padrão europeu GSM de telefonia móvel. Sua taxa de transmissão é de 13 kbps e foi padronizado pela ETSI como GSM-FR (*Global System for Mobile Communications - Full Rate*) em 1988 [18,27].

Nesse algoritmo, a fala é amostrada a 8 kHz e quantizada a 13 bits por amostra. O RPE-LTP processa a fala em *frames* de 20 ms (160 amostras), os quais são segmentados em *subframes* de 5 ms (40 amostras) [18,27].

O estágio de pré-processamento (Figura A.4) no RPE-LTP envolve pré-ênfase e compensação de *offset* DC. O segundo estágio envolve uma análise de

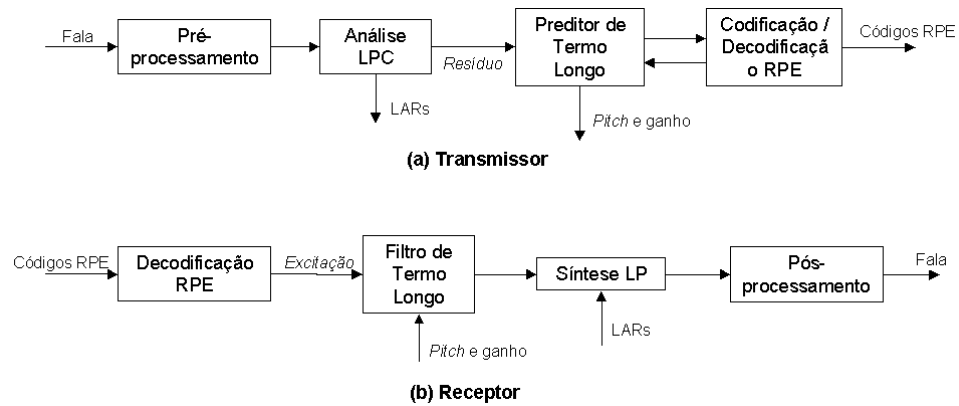


Figura A.4: Diagrama de blocos simplificado da codificação RPE-LTP (Fonte: [27]).

predição linear de curto período de oitava ordem que é feita a cada 20 ms. De forma a possibilitar uma quantização eficiente, os parâmetros de predição são codificados como LARs (*LogArea Ratios*). Os oito LARs são quantizados de uma maneira ordenada, isto é, o número de bits destinado do LAR(1) ao LAR(8) é  $\{6/6/5/5/4/4/3/3/\}$ . Após decodificados, *subframes* LARs são gerados interpolando linearmente LARs de um *frame* para o próximo. Os *subframes* LARs são convertidos de volta aos coeficientes de predição (ou reflexão) que são utilizados para gerar o resíduo de predição. Os parâmetros do ganho e do LTP são calculados em cada *subframe* e codificados em 7 e 2 bits, respectivamente. O LTP opera no resíduo LP e gera o resíduo LTP, que é então filtrado por um bloco de um filtro FIR (*Finite Impulse Response*) poderado. O resíduo LTP filtrado é então sub-amostrado por uma razão de três. Quatro subseqüências de 13 amostras são formadas por *subframe* e a subseqüência com a máxima eneregia é quantizada, utilizando-se um bloco PCM adaptativo [18, 27].

# Apêndice B

## Método Karlsson Acrescido

O pulso é a unidade de tarifação das chamadas locais. Ele pode ser registrado por chamada e/ou por tempo de conversação. Essas chamadas podem ser tarifadas, dependendo do dia e do horário de sua ligação, sob duas formas [1]: Multimedição e Medição Simples.

- No **Método de Medição Simples**, a cobrança é feita aplicando-se uma unidade de tarifação (pulso) por chamada completada, qualquer que seja seu tempo de duração [1].
- No **Método de Multimedição**, também conhecido como **Método de Karlsson Acrescido (KA-240)**, a cobrança é feita pela aplicação de uma unidade de tarifação (pulso) por chamada estabelecida e de unidades adicionais a cada 240 segundos, sendo a primeira cobrança efetuada aleatoriamente em relação ao início da chamada, de acordo com o *clock* interno da central telefônica [1].

## Apêndice C

### Monitoração de tráfego de 19 a 20/01/04 no *switch* sw01\_sede\_info

Na Figura C.1, encontra-se o relatório sumário de monitoração do tráfego do *switch* sw01\_sede\_info, emitido pelo *software Network Inspector*, da *Fluke Networks<sup>TM</sup>*, entre os dias 19 e 20 de janeiro de 2004, um dia típico de atividades na PMM.

O *switch* sw01\_sede\_info é um *switch* 3COM com 24 portas 10/100. É nele que se encontram conectados os principais equipamentos da rede da Sede da PMM, tais como: roteadores, *firewall*, *switches* departamentais e servidores, conforme Figura 4.3, na página 86.

O gráfico de barras da Figura C.1 apresenta a utilização da largura de banda disponibilizada pelas dez portas mais utilizadas do *switch* sw01\_sede\_info. A partir dele, podemos constatar que a porta 22 é aquela que apresenta maior tráfego, não ultrapassando os 10% de utilização média, com pico de utilização de 22,42%, como mostra a tabela abaixo do gráfico. As demais portas do *switch* apresentam também uma taxa de utilização baixa, o que tornaria viável a utilização de VoIP na RMP Manaus.



January 20, 2004  
10:34:46

### Switch Performance

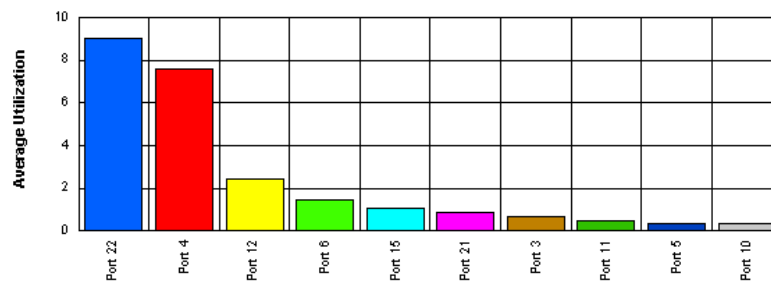
#### SW01\_SEDE\_INFO

MAC Address: 3Com-b0b218  
 IP Address: 172.018.000.029  
 Subnet Mask: 255.255.000.000  
 Interfaces: 52  
     Up: 48  
     Down: 4

#### SNMP

Name: Switch 3300XM  
 Description: 3Com SuperStack 3  
 Location:  
 Contact: eudo@pmm.am.gov.br  
 Uptime: 1 day, 21 hours, 44 minutes  
 OID: 1.3.6.1.4.1.43.10.27.4.1.2.2  
 Comm. String: public

#### Top Interfaces by Utilization



Interface	Utilization			Broadcasts			Errors			Collisions		
	Last	Peak	Avg	Last	Peak	Avg	Last	Peak	Avg	Last	Peak	Avg
Port 22	20.74	22.42	9.02	0.16	0.24	0.08	0.61	0.73	0.20	0.59	0.71	0.19
Port 4	12.64	16.25	7.56	0.04	0.06	0.02	0.14	0.20	0.07	0.14	0.19	0.07
Port 12	5.75	5.72	2.43	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 6	3.58	3.58	1.49	0.13	0.21	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 15	2.28	2.39	1.05	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 21	2.08	2.24	0.91	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 3	1.63	2.45	0.70	0.11	0.21	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 11	1.49	1.24	0.52	0.13	0.21	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 5	1.71	1.83	0.36	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 10	0.73	1.46	0.33	0.12	0.17	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00

Figura C.1: Relatório de utilização do switch sw01\_sede\_info entre os dias 19 e 20/01/04.

## Apêndice D

### Monitoração de tráfego de 19 a 20/01/04 no *switch* sw01\_cac\_info

Na Figura D.1, encontra-se o relatório sumário de monitoração do tráfego do *switch* sw01\_cac\_info, emitido pelo *software Network Inspector*, da *Fluke Networks<sup>TM</sup>*, entre os dias 19 e 20 de janeiro de 2004, um dia típico de atividades na PMM.

O *switch* sw01\_cac\_info é um *switch* 3COM com 24 portas 10/100. É nele que se encontram conectados os principais equipamentos da rede do CAC, tais como: banco de dados do STI, *switches* departamentais e servidores, conforme Figura 4.3, na página 86.

O gráfico de barras da Figura D.1 apresenta a utilização da largura de banda disponibilizada pelas dez portas mais utilizadas do *switch* sw01\_cac\_info. A partir dele, podemos constatar que a porta 22 é aquela que apresenta maior tráfego, ultrapassando pouco mais que 1% de utilização média, com pico de 6,76% de utilização, como mostra a tabela abaixo do gráfico. As demais portas do *switch* apresentam também uma taxa de utilização baixa, o que tornaria viável a utilização de VoIP na RMP Manaus.

January 20, 2004  
10:50:37

### Switch Performance

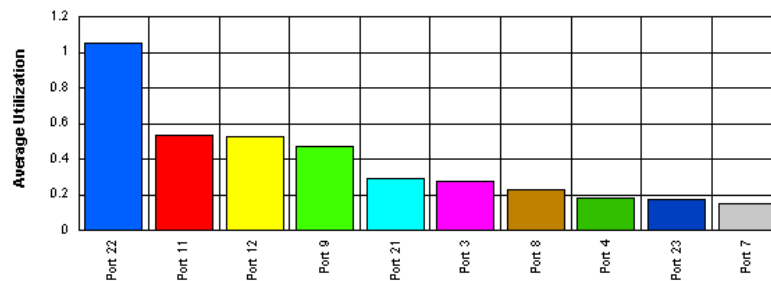
172.018.004.026

MAC Address: 000bac-976a80  
IP Address: 172.018.004.026  
Subnet Mask: 255.255.000.000  
Interfaces: 34  
Up: 19  
Down: 15

SNMP

Name:  
Description: 3Com SuperStack 3  
Location:  
Contact:  
Uptime: 35 days, 23 hours, 51 minutes  
OID: 1.3.6.1.4.1.43.10.27.4.1.2.11  
Comm. String: public

#### Top Interfaces by Utilization



Interface	Utilization			Broadcasts			Errors			Collisions		
	Last	Peak	Avg	Last	Peak	Avg	Last	Peak	Avg	Last	Peak	Avg
Port 22	5.55	6.76	1.05	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 11	0.05	7.17	0.53	0.04	0.14	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.86	0.05
Port 12	0.30	5.67	0.52	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 9	1.23	2.33	0.47	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 21	2.96	2.10	0.29	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 3	0.18	4.76	0.28	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 8	0.50	1.60	0.23	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 4	0.51	2.03	0.18	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 23	1.32	1.23	0.18	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 7	0.25	1.32	0.15	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura D.1: Relatório de utilização do switch sw01\_cac\_info entre os dias 19 e 20/01/04.

## Apêndice E

### Monitoração de tráfego de 05 a 06/02/04 no *switch* sw01\_sede\_info

Na Figura E.1, encontra-se o relatório sumário de monitoração do tráfego do *switch* sw01\_sede\_info, emitido pelo *software Network Inspector*, da *Fluke Networks<sup>TM</sup>*, entre os dias 05 e 06 de fevereiro de 2004, um dia atípico de atividades na PMM. Nesse dia, ocorre toda a movimentação financeira relativa a pagamento de pessoal e de fornecedores.

O *switch* sw01\_sede\_info é um *switch* 3COM com 24 portas 10/100. É nele que se encontram conectados os principais equipamentos da rede da Sede da PMM, tais como: roteadores, *firewall*, *switches* departamentais e servidores, conforme Figura 4.3, na página 86.

O gráfico de barras da Figura E.1 apresenta a utilização da largura de banda disponibilizada pelas dez portas mais utilizadas do *switch* sw01\_sede\_info. A partir dele, podemos constatar que a porta 22 é aquela que apresenta maior tráfego, não ultrapassando os 10% de utilização média, com pico de utilização de 19,96%, como mostra a tabela abaixo do gráfico. As demais portas do *switch* apresentam também uma taxa de utilização baixa, o que tornaria viável a utilização de VoIP na RMP Manaus.

February 6, 2004  
10:43:23

### Switch Performance

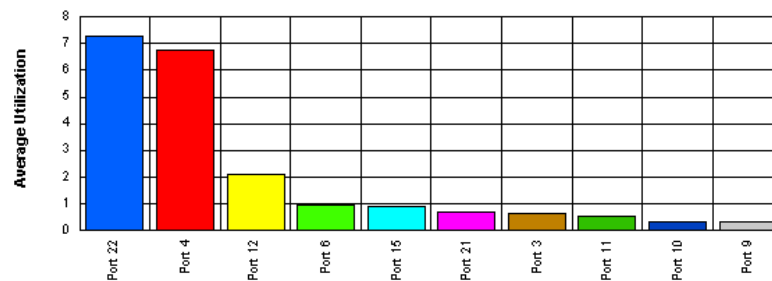
#### Switch 3300XM

MAC Address: 3Com-b0b218  
 IP Address: 172.018.000.029  
 Subnet Mask: 255.255.000.000  
 Interfaces: 52  
     Up: 47  
     Down: 5

#### SNMP

Name: Switch 3300XM  
 Description: 3Com SuperStack 3  
 Location:  
 Contact: eudo@pmm.am.gov.br  
 Uptime: 1 day, 22 hours, 17 minutes  
 OID: 1.3.6.1.4.1.43.10.27.4.1.2.2  
 Comm. String: public

#### Top Interfaces by Utilization



Interface	Utilization			Broadcasts			Errors			Collisions		
	Last	Peak	Avg	Last	Peak	Avg	Last	Peak	Avg	Last	Peak	Avg
Port 22	20.13	19.96	7.25	0.15	0.26	0.09	0.49	0.52	0.14	0.48	0.51	0.14
Port 4	8.38	14.23	6.76	0.05	0.07	0.03	0.02	0.16	0.05	0.02	0.15	0.05
Port 12	5.01	6.77	2.13	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 6	1.98	2.35	0.97	0.13	0.22	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 15	2.32	2.35	0.89	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 21	2.02	1.99	0.72	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 3	1.87	2.37	0.63	0.14	0.24	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 11	1.56	1.77	0.55	0.15	0.24	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 10	1.59	1.91	0.35	0.18	0.33	0.06	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
Port 9	0.82	1.17	0.32	0.09	0.20	0.04	0.01	0.03	0.00	0.01	0.03	0.00

Figura E.1: Relatório de utilização do switch sw01\_sede\_info entre os dias 05 e 06/02/04.

## Apêndice F

### Monitoração de tráfego de 05 a 06/02/04 no *switch* sw01\_cac\_info

Na Figura F.1, encontra-se o relatório sumário de monitoração do tráfego do *switch* sw01\_cac\_info, emitido pelo *software Network Inspector*, da *Fluke Networks<sup>TM</sup>*, entre os dias 05 e 06 de fevereiro de 2004, um dia atípico de atividades na PMM. Nesse dia, ocorre toda a movimentação financeira relativa a pagamento de pessoal e de fornecedores.

O *switch* sw01\_cac\_info é um *switch* 3COM com 24 portas 10/100. É nele que se encontram conectados os principais equipamentos da rede do CAC, tais como: banco de dados do STI, *switches* departamentais e servidores, conforme Figura 4.3, na página 86.

O gráfico de barras da Figura F.1 apresenta a utilização da largura de banda disponibilizada pelas dez portas mais utilizadas do *switch* sw01\_cac\_info. A partir dele, podemos constatar que a porta 22 é aquela que apresenta maior tráfego, ultrapassando pouco mais que 1% de utilização média, com pico de 9,76% de utilização, como mostra a tabela abaixo do gráfico. As demais portas do *switch* apresentam também uma taxa de utilização baixa, o que tornaria viável a utilização de VoIP na RMP Manaus.

February 6, 2004  
10:49:21

### Switch Performance

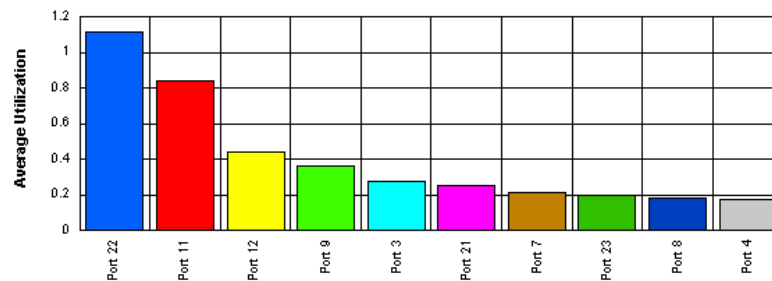
172.018.004.026

MAC Address: 000bac-976a80  
IP Address: 172.018.004.026  
Subnet Mask: 255.255.000.000  
Interfaces: 34  
Up: 19  
Down: 15

#### SNMP

Name:  
Description: 3Com SuperStack 3  
Location:  
Contact:  
Uptime: 52 days, 23 hours, 52 minutes  
OID: 1.3.6.1.4.1.43.10.27.4.1.2.11  
Comm. String: public

#### Top Interfaces by Utilization



Interface	Utilization			Broadcasts			Errors			Collisions		
	Last	Peak	Avg	Last	Peak	Avg	Last	Peak	Avg	Last	Peak	Avg
Port 22	2.26	9.76	1.11	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 11	3.51	9.75	0.84	0.16	0.22	0.05	0.00	0.05	0.00	0.09	0.97	0.06
Port 12	1.30	5.16	0.44	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 9	1.61	2.61	0.36	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 3	0.23	3.93	0.28	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 21	1.89	2.58	0.26	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 7	0.39	1.72	0.21	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 23	0.40	1.51	0.20	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 8	2.19	2.21	0.18	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Port 4	0.04	2.38	0.18	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura F.1: Relatório de utilização do switch *sw01\_cac\_info* entre os dias 05 e 06/02/04.