

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERALE DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES**

**CLEVERSON IANKE, LUIZ EDUARDO GAMBINI DE SOUZA E THIAGO SANDRI**

**OUTROS TRABALHOS EM:**  
[www.projetoderedes.com.br](http://www.projetoderedes.com.br)

**APLICAÇÃO DE TELEFONIA IP EM UMA REDE CORPORATIVA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CURITIBA  
2008**

**CLEVERSON IANKE, LUIZ EDUARDO GAMBINI DE SOUZA E THIAGO SANDRI**

**APLICAÇÃO DE TELEFONIA IP EM UMA REDE CORPORATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina Trabalho de Diplomação, como requisito parcial para obtenção de grau de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Msc. Kleber Kendy H. Nabas.

**CURITIBA**

**2008**

**CLEVERSON IANKE**  
**LUIZ EDUARDO GAMBINI DE SOUZA**  
**THIAGO SANDRI**

## **APLICAÇÃO DE TELEFONIA IP EM UMA REDE CORPORATIVA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgada e aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Curitiba, 03 de Outubro de 2008.

---

Prof. Simone Massulini Acosta  
Coordenadora dos Cursos de Tecnologia  
Departamento Acadêmico de Eletrônica

---

Prof. Denise Elizabeth Hey David  
Responsável pelo Trabalho de Conclusão de Curso  
Departamento Acadêmico de Eletrônica

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Msc. Kleber Kendy H. Nabas

---

Eng<sup>a</sup> Esp. Claudia Sych Nabas

---

Prof. Esp. Lincoln Herbert Teixeira

“O impossível existe até quando alguém  
duvide dele e prove o contrário.”

Albert Einstein

## RESUMO

IANKE, Cleverson; SOUZA, Luiz Eduardo Gambini de; SANDRI, Thiago. **Aplicação de telefonia IP em uma rede corporativa**. 2008. 97 p. Monografia (Graduação) – Curso de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, UTFPR, Curitiba.

O objetivo deste trabalho é apresentar a viabilidade técnico-comercial de um projeto de telefonia IP visando à convergência de voz e dados em uma plataforma única, otimizando recursos e reduzindo os gastos com ligações e operações.

O cenário em estudo é um ambiente corporativo formado por cinco localidades (Curitiba, Londrina, Joinville, Florianópolis e Porto Alegre), todas elas apresentam centrais telefônicas tradicionais e *links* de acesso à rede de dados (WAN). Após estudos realizados constatamos a necessidade de substituição dos roteadores existentes para suportar interfaces de voz, QoS (Qualidade de Serviços), e aumento da banda dos *links* de dados para suportar canais de voz.

Os switches atualmente utilizados pela empresa em estudo suportam as características necessárias para implementação de QoS, não sendo necessária a substituição dos mesmos.

## ***ABSTRACT***

IANKE, Cleverson; SOUZA, Luiz Eduardo Gambini de; SANDRI, Thiago. **Aplicação de telefonia IP em uma rede corporativa**. 2008. 97 p. Monografia (Graduação) – Curso de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, UTFPR, Curitiba.

The objective of this work is to provide the technical and commercial viability of an IP Telephony Project converging voice and data on a single platform, optimizing resources and reducing spending with links and operations.

The scenario being studied is a corporate environment formed by five locations (Curitiba, Londrina, Joinville, Florianopolis and Porto Alegre), they all have traditional voice system and links for access the data network (WAN).

After analyses, it was noted the need to replace the existing routers to another model with interfaces for voice and QoS (Quality of Services), in addition to upgrade the data links (WAN) to support voice channels.

The switches used by the company under study, support the basics features necessary for implementation of QoS and is not required replacement of such equipment.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>5</b>
<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>12</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 PROBLEMA .....	13
1.2 OBJETIVOS .....	13
1.2.1 Objetivos específicos.....	14
1.3 JUSTIFICATIVAS .....	14
1.4 MÉTODO DE PESQUISA .....	14
1.4.1 Levantamento da topologia existente .....	14
1.4.2 Projeção da nova topologia .....	15
1.4.3 Viabilidade financeira .....	15
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
<b>2 TRÁFEGO TELEFÔNICO.....</b>	<b>17</b>
2.1 TEORIA DO TRÁFEGO TELEFÔNICO.....	17
2.2 CONCEITOS BÁSICOS .....	17
2.3 MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DO TRÁFEGO .....	18
2.4 PROPRIEDADES DA CENTRAL DE COMUTAÇÃO .....	19
2.5 PROPRIEDADES ESTATÍSTICAS DO TRÁFEGO OFERECIDO.....	19
2.5.1 Hora de maior movimento .....	19
2.5.2 Caracterização do tráfego na hora de maior movimento.....	20
2.5.3 Quantidade de fontes de tráfego .....	20
2.5.4 Distribuição dos tempos de ocupação.....	20
2.5.5 Tráfego puramente aleatório .....	20
2.5.6 Tráfego excedente .....	21
2.6 GRAU DE SERVIÇO .....	21
2.7 HISTÓRIA DA TELEFONIA.....	22
2.8 NOÇÕES DE ACÚSTICA E TELEFONIA.....	22
2.8.1 Características da onda sonora.....	23

2.8.2 Parâmetros do som .....	24
2.8.3 Características do sinal de voz.....	24
2.9 DISTORÇÕES NO SISTEMA TELEFÔNICO .....	25
2.10 O APARELHO TELEFÔNICO .....	26
2.11 DIGITALIZAÇÃO DE SINAIS ANALÓGICOS .....	27
2.11.1 Amostragem do Sinal .....	28
2.11.2 Processo de quantização .....	29
2.11.3 O processo de codificação .....	29
2.11.4 Classificação dos codificadores de voz .....	30
2.11.5 Vocoder de canal .....	30
2.11.6 Vocoder de formante .....	31
2.11.7 Codificador Preditivo Linear .....	31
2.11.8 Codificação preditiva linear com excitação aumentada.....	32
2.11.9 Codificação por excitação linear preditiva – CELP .....	32
2.11.10 PCM adaptativo .....	32
2.11.11 PCM diferencial .....	33
2.11.12 Modulação delta .....	33
2.12 A REDE TELEFÔNICA.....	33
2.12.1 Central telefônica .....	34
2.13 SINALIZAÇÃO NA REDE TELEFÔNICA .....	35
2.13.1 Sinalização de Linha .....	35
2.13.2 Sinalização de Registrador.....	36
2.13.3 Sinalização MFC .....	36
2.14 MONTAGEM DA REDE TELEFÔNICA DIGITALIZADA.....	37
2.15 TRANSFORMAÇÃO DA REDE TELEFÔNICA COM A DIGITALIZAÇÃO .....	38
2.15.1 Análise do Ponto de Vista Topológico .....	38
2.15.2 Análise do Ponto de Vista Operacional .....	38
2.15.3 Digitalização dos Equipamentos Telefônicos .....	38
2.15.4 Evolução da Rede Telefônica para a RDSI .....	38
2.15.5 Configurações de Acesso à RDSI .....	39
2.15.6 Plano de Numeração para a RDSI .....	40
2.16 CENTRAL TELEFÔNICA .....	41
2.16.1 Funções da Central Telefônica.....	44
2.16.2 Planejamento do sistema telefônico .....	44



2.16.3 Aspectos que Afetam o Planejamento.....	45
2.16.4 Tráfego e Congestionamento .....	46
2.16.5 Unidade de Tráfego.....	47
2.16.6 Congestionamento .....	47
2.16.7 Medição de Tráfego .....	48
2.16.8 Testes de Sistemas DDD-Y e DDD-X .....	49
2.17 REDES DE COMPUTADORES .....	50
2.18 TOPOLOGIA DE REDES .....	51
2.19 TIPOS DE REDES .....	52
2.20 PROTOCOLOS .....	53
2.21 ARQUITETURA OSI.....	53
2.22 ARQUITETURA TCP/IP .....	55
2.23 PROTOCOLO UDP .....	57
2.23.1 Mensagem UDP .....	58
2.24 PROTOCOLO TCP .....	59
2.25 PROTOCOLO RTP e RTCP.....	60
2.26 FRAME RELAY .....	62
2.27 MPLS.....	63
2.28 TELEFONIA IP .....	65
2.28.1 Sistema de telefonia IP Cisco.....	66
2.28.2 Qualidade de Serviços (QoS).....	68
<b>3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....</b>	<b>72</b>
3.1 LEVANTAMENTO DA TOPOLOGIA EXISTENTE .....	72
3.1.1 Tráfego de dados .....	74
3.1.2 Tráfego de voz .....	76
3.2 PROJEÇÃO DA NOVA TOPOLOGIA .....	76
3.3 VIABILIDADE FINANCEIRA .....	84
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>87</b>
<b>5 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO A – Tabela de Erlang B.....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO B – Relatório do Cálculo de Banda .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO C – Dimensionamento de DSP's .....</b>	<b>96</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama em blocos do Telefone .....	26
Figura 2: Sistema de Comunicações.....	27
Figura 3: Esquema de um amostrador .....	28
Figura 4: Vocoder de Canal.....	31
Figura 5: Diagrama em blocos de um DPCM .....	33
Figura 6: Tributários de fontes Distintas.....	37
Figura 7: Configuração Típica para a RDSI.....	39
Figura 8: Estrutura de uma Central Temporal – CPA-T .....	42
Figura 9: Teste de Sistema DDD-Y .....	48
Figura 10: Topologias de Rede .....	52
Figura 11: Modelo de referência OSI. ....	54
Figura 12: Modelo de referência TCP/IP. ....	56
Figura 13: Cabeçalho UDP.....	57
Figura 14: Posição do RTP na pilha de protocolos e aninhamento de pacotes. ...	61
Figura 15: Telefone IP Cisco.....	66
Figura 16: Roteador Cisco (esquerda 2801, direita 2821) 67	
Figura 17: Campo ToS cabeçalho do protocolo IPv4. ....	69
Figura 18: Diagrama Voz Atual .....	73
Figura 19: Diagrama Dados Atual .....	74
Figura 20: Tráfego de dados atual .....	75
Figura 21: Ferramenta da Cisco <i>Voice Codec Bandwidth Calculator</i> , 1º passo....	78
Figura 22: Ferramenta da Cisco <i>Voice Codec Bandwidth Calculator</i> , 2º passo....	79
Figura 23: Interligação do roteador Cisco até o link de dados. ....	79
Figura 24: Diagrama proposto.....	81
Figura 25: Chamada no sistema de telefonia IP.....	82
Figura 26: Software Fatura Fácil Embratel.....	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros para projeto do Sistema .....	46
Tabela 2: Indicadores de desempenho do Sistema Telebrás .....	48
Tabela 3: Indicadores de Desempenho do Sistema DDD-Y .....	49
Tabela 4: Indicadores de Controle de perdas do Sistema DDD-X .....	50
Tabela 5: Tabela de roteadores .....	72
Tabela 6: Tabela PABX.....	72
Tabela 7: Relação de ramais por localidade. ....	73
Tabela 8: Trafego de dados nos links WAN .....	75
Tabela 9: Trafego de voz na hora de maior movimento. ....	76
Tabela 10: Comparativo entre a quantidade de troncos necessários e existentes.	77
Tabela 11: Custos com equipamentos. ....	83
Tabela 12: Custos gerados pelo sistema atual.....	84
Tabela 13: Custos estimados na nova topologia.....	85
Tabela 14: Custos com link de dados Frame Relay. ....	85
Tabela 15: Custos com Link de dados MPLS.....	86

## **1 INTRODUÇÃO**

As telecomunicações vêm sofrendo um grande avanço tecnológico nos últimos anos, e uma palavra que resume o futuro dela é a convergência. Em uma rede corporativa onde existe um conjunto de plataformas de comunicação interligadas entre si, a convergência de voz dados e imagem se tornam bastante atrativa principalmente se esta empresa atua em âmbito nacional.

A convergência é uma das tendências mundiais que o mercado, principalmente o corporativo, vem absorvendo ao longo dos anos e um dos fatores que contribuem para isso é sem dúvida a redução de custos. Na maioria das organizações a consolidação de dados e voz é um objetivo distante, mas uma migração em direção a está é inevitável.

Atualmente a maioria da empresas possui duas redes distintas, uma para voz e outra para dados dificultando o seu gerenciamento além dos gastos para manter duas infra-estruturas independentes.

### **1.1 PROBLEMA**

Atualmente a estrutura de comunicação da empresa em estudo possui duas infra-estruturas separadas uma para o tráfego de voz e outra para dados, isso torna o gerenciamento difícil além de que a manutenção destas duas infra-estruturas se torna cara.

### **1.2 OBJETIVOS**

Apresentar a viabilidade técnico-comercial da migração de uma estrutura de telecomunicações tradicional para uma totalmente IP, apresentando os recursos utilizados e o retorno do investimento dessa solução.

### 1.2.1 Objetivos específicos

- a) Levantar a topologia atual da rede em estudo, verificando os serviços e tecnologias utilizadas.
- b) Planejar uma nova topologia convergindo voz e dados utilizando equipamentos da marca CISCO.
- c) Estimar custos para implementação da nova topologia, bem como o retorno do investimento.

### 1.3 JUSTIFICATIVAS

Com os avanços da tecnologia planejar uma infra-estrutura que se mantenha útil por um longo período de tempo é um desafio. A aplicação de telefonia IP numa rede corporativa tem como principal objetivo reduzir custos de manutenção e operação além de possibilitar a implementação futura de funções como videoconferência se tornando uma ótima opção tecnológica para o andamento dos negócios fazendo com que a empresa se torne mais competitiva.

### 1.4 MÉTODO DE PESQUISA

#### 1.4.1 Levantamento da topologia existente

O levantamento da topologia existente permitirá termos o conhecimento dos equipamentos e serviços utilizados pela rede em estudo, colaborando para o dimensionamento da futura topologia. Nessa fase será elaborado um diagrama da topologia existente (voz e dados) bem como o tráfego gerado, com acompanhamento do responsável por infra-estrutura da empresa em estudo.

#### 1.4.2 Projeção da nova topologia

Com base na topologia existente e informações relacionadas ao tráfego de voz e dados, será feita a projeção da nova topologia apresentando os equipamentos e serviços que serão implementados na nova topologia.

#### 1.4.3 Viabilidade financeira

A viabilidade financeira será feita após comparação e análise dos valores que serão gastos após implantação do sistema com o que é gasto atualmente. Nessa etapa será estipulado o prazo máximo para retorno do investimento.

### 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Apresenta-se no capítulo 2, a revisão da literatura abordando os seguintes temas: tráfego telefônico, historia da telefonia, digitalização de sinais analógicos, rede telefônica, sinalização na rede telefônica, rede telefônica digital, central telefônica, redes de computadores, protocolos TCP/UDP, RTP e RTCP, tecnologias *Frame Relay* e MPLS, telefonia IP e Qualidade de Serviços. Com relação à telefonia pública serão abordados aspectos referentes ao seu funcionamento, apresentando conceitos referentes à digitalização dos pacotes de voz e sinalização. Após serão apresentados os principais conceitos referentes à rede de dados e telefonia IP, tais como protocolos TCP/UDP e RTP, e qualidade de serviços.

Todo o desenvolvimento do trabalho é apresentado no capítulo 3. Inicialmente apresenta-se o levantamento da topologia existente e o tráfego de dados e voz gerado no atual sistema. Em seguida é apresentada a topologia proposta, baseada em equipamentos da marca CISCO, de forma a unificar duas plataformas de comunicação, voz e dados, em uma única infra-estrutura. Por fim, apresentamos o estudo da viabilidade financeira do projeto, apresentando os custos gerados pelo atual sistema, telefonia tradicional, e os custos estimados para o novo sistema de

telefonia IP. No capítulo 4 apresentamos análise dos resultados obtidos e as conclusões finais do trabalho.

## 2 TRÁFEGO TELEFÔNICO

### 2.1 TEORIA DO TRÁFEGO TELEFÔNICO

As centrais telefônicas são planejadas de tal modo que as chamadas realizadas pelo assinante têm boa probabilidade de sucesso, mesmo nos períodos de tráfego telefônico mais intenso, ou seja, nas chamadas horas de maior movimento. A quantidade de troncos e equipamentos de comutação, necessários para o fluxo do tráfego telefônico, será dimensionada de tal modo que, durante as horas de maior movimento, apenas uma porcentagem muito pequena das ligações não possa ser estabelecida.

### 2.2 CONCEITOS BÁSICOS

A rede de comutação interliga troncos disponíveis a outros troncos vagos ou oferecidos, submetendo-os ao tráfego. Estes podem ser linhas de assinantes, troncos de interligação ou equipamentos de comutação, e se necessário, equipamentos comuns utilizados no estabelecimento das ligações. Os troncos de entrada que conduzem os interesses de tráfego à rede de comutação, formam o grupo de troncos de entrada. Os troncos de saída que ao mesmo tempo recebem e processam os interesses de conexão para uma determinada tarefa de comutação formam o grupo de saída.

O período de tempo durante o qual um tronco de saída está ocupado sem interrupções para fins determinados de comutação se chama tempo de ocupação; o tempo durante o qual os troncos de saída são utilizados em média para uma ligação é chamado de tempo médio de ocupação.

Segundo Paulo Mutilo faria (1985, p. 11), Intensidade de tráfego é:

uma medida de densidade de tráfego. É uma quantidade adimensional, sempre representada pela unidade Erlang. Seu valor numérico indica o número médio de chamadas efetuadas, simultaneamente, isto é, o número médio de troncos ocupados ao mesmo tempo. Um só tronco ocupado continuamente corresponde, portanto, a um tráfego com o valor de 1 Erl.



Em conjunto com o processamento do tráfego através de um grupo de troncos de saída, é normal se utilizarem os termos chamada e intensidade de tráfego em um sentido mais amplo. A utilização efetiva de um tronco de saída é uma chamada processada. A demanda de uma conexão que requer a utilização de um tronco de saída denomina-se chamada oferecida. A demanda de uma conexão que é rejeitada, que se perde ou é transferida para outro grupo de troncos de saída, é uma chamada perdida ou uma ocupação de transbordo. A demanda de uma conexão, que não é processada imediatamente, é denominada chamada de espera ou chamada demorada.

## 2.3 MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DO TRÁFEGO

De acordo com a maneira pela qual um sistema de comutação processa as demandas de ligações caso ocorram bloqueios, distinguem-se as redes que operam como sistemas de perda, daquelas que operam como sistemas de espera.

Para Paulo Murilo Faria (1985, p.12), entende-se por bloqueio:

a situação em que é impossível o estabelecimento de uma nova ligação, por estarem ocupadas todas as linhas do feixe de saída, ou então por não se poder estabelecer nenhuma ligação na rede de comutação até um tronco se tornar livre de grupo de troncos de saída em questão.

Em um sistema de perda, uma chamada oferecida será rejeitada, quando a ligação desejada não pode ser estabelecida imediatamente, devido a um bloqueio. O assinante que chama, recebe então o toque ou sinal ocupado. Num sistema de espera, uma chamada oferecida que não pode ser processada imediatamente por causa de um bloqueio, aguardará até que a conexão possa ser completada. Nos sistemas de perda puro, as chamadas oferecidas para as quais não se pode estabelecer nenhuma ligação, desaparecem no sistema sem maiores consequências e não exercem carga alguma sobre o grupo de troncos de saída ( princípio *lost calls cleared*); visto que neste sistema serão processadas todas as chamadas oferecidas, sempre que a intensidade do tráfego oferecido seja menor do que a quantidade de troncos de saída; todas as chamadas que precisam esperar, aguardam até o momento em que possam ser processadas.

## 2.4 PROPRIEDADES DA CENTRAL DE COMUTAÇÃO

Segundo Paulo Murilo Faria (1985, p. 13), Acessibilidade é:

a capacidade de tráfego de um grupo de troncos de saída que é determinada principalmente pelo número de troncos deste grupo que podem ser atingidos pelos troncos de entrada, através da rede de comutação em questão, que vem a ser a quantidade de troncos cujos estados “livres” ou “ocupado” possam ser testados.

Nos casos de centrais de comutação com acessibilidade limitada, os troncos de entrada são agrupados para formarem subgrupos de graduação. Todos os troncos de entrada de um subgrupo tem acesso às mesmas saídas. Para aumentar a capacidade de tráfego da rede, as saídas do grupo de troncos são coordenadas com os subgrupos dos troncos de entrada de uma maneira tal que se possam auxiliar entre si o processamento do tráfego. Esse esquema de interconexão é chamado de graduação.

## 2.5 PROPRIEDADES ESTATÍSTICAS DO TRÁFEGO OFERECIDO

### 2.5.1 Hora de maior movimento

Em virtude de os assinantes que representam as fontes de tráfego iniciarem, independentemente uns dos outros, suas ligações de maneira aleatória, e de realizarem chamadas de durações diferentes, a quantidade de saídas de um grupo de troncos ocupadas simultaneamente oscilará permanentemente. As oscilações mais marcantes são aquelas que se apresentam no decurso de um dia. Como as centrais telefônicas são dimensionadas de tal modo que o escoamento do tráfego se realize sem dificuldades, para o devido atendimento dos assinantes, ou seja, como o grau de serviço estipulado inclusive nas horas de maior movimento. Entende-se por hora de maior movimento, segundo uma definição do CCITT (Comitê Consultivo de Telefonia e Telegrafia Internacional), aquele período de 60 minutos do dia nos quais

a intensidade de tráfego de um grupo de troncos em questão atinge o seu valor máximo, tomada a media dos valores nos dias da semana.

#### 2.5.2 Caracterização do tráfego na hora de maior movimento

Durante a hora de maior movimento, pode-se supor que a densidade do tráfego permanece aproximadamente constante e a quantidade de chamadas simultâneas existentes oscila estatisticamente em torno de um valor médio, denominado intensidade de tráfego.

#### 2.5.3 Quantidade de fontes de tráfego

As variações aleatórias de quantidade do numero de troncos de um grupo ocupado simultaneamente depende, entre outros fatores, da quantidade de fontes de tráfego (assinantes) que origina o tráfego oferecido (FARIA, 1985).

#### 2.5.4 Distribuição dos tempos de ocupação

Na caracterização das propriedades estatísticas do tráfego oferecido deve-se considerar, além disso, a distribuição dos tempos de ocupação, isto é, tipo de oscilação dos tempos de ocupação em torno de seu valor médio.

#### 2.5.5 Tráfego puramente aleatório

Um tráfego produzido por um número infinito de fontes, no qual tanto os intervalos de tempo de chegada das chamadas consecutivas, assim como também os tempos de ocupação, sejam distribuídos de maneira exponencial.

### 2.5.6 Tráfego excedente

Um tipo de tráfego que apresente oscilações ainda maiores do que as do tráfego produzido por um número infinito de fontes de tráfego, com intervalos de tempo de chegada das chamadas, distribuídos de maneira exponencial é o tráfego excedente que assim se compõe de chamadas rejeitadas por um ou vários grupos de tronco por falta de saídas disponíveis. Durante alguns períodos há uma grande quantidade de chamadas excedentes, ao passo que em outros, quando ainda existem saídas livres na maioria dos grupos de troncos precedentes.

## 2.6 GRAU DE SERVIÇO

Conforme Faria (1985, p. 17) grau de serviço é “uma unidade para definir a qualidade do tráfego processado, sendo uma grandeza dependente do dimensionamento e da quantidade de equipamentos de comutação e troncos.”

Em sistemas de perda, o grau de serviço é caracterizado pela perda. Essa é a probabilidade de que uma ocupação oferecida seja rejeitada (perdida), razão pela qual é denominada probabilidade de perda. Seu valor numérico é igual à porcentagem das chamadas oferecidas que são rejeitadas. Em sistemas de espera, são utilizados os seguintes termos para a caracterização do grau de serviço:

O tempo médio de espera  $t_w$ , que indica, na média, de quanto às chamadas demoradas precisam aguardar até o estabelecimento da ligação.

O tempo médio de espera  $t_w$ , que indica de quanto, na média, as chamadas oferecidas devem aguardar para o estabelecimento da ligação

A probabilidade de espera indica com qual probabilidade uma chamada oferecida não é atendida imediatamente. É o caso do limite da probabilidade  $P(>t)$  tender para  $t=0$ .

## 2.7 HISTÓRIA DA TELEFONIA

Umas das idéias mais significativas é a integração de voz e dados em sistemas telefônicos. No entanto, em 1860, um inventor alemão Phillip Reis desenvolveu o conceito de integração de voz no meio corrente de transmissão – que na época era o telégrafo. Reis, na verdade, utilizava o equipamento telegráfico para enviar informação sobre os testes de voz que realizava, uma indicação de que a qualidade de voz era inadequada.

A descoberta do telefone é, no mínimo, curiosa. Bell derramou ácido em sua calça durante um experimento com eletricidade. Sua reação imediata foi chamar seu assistente “*Mr Watson, come here, I want you*”, frase que ficou famosa por ter sido ouvida em outra sala através do receptor de Watson (BIGELOW, 1991). Após meses de trabalho, Bell transmitiu uma frase completa por intermédio de uma linha de 45 metros (CYMROT, 1975).

## 2.8 NOÇÕES DE ACÚSTICA E TELEFONIA

Antes da invenção do telefone, a distância alcançada pela voz humana era limitada pela potencia da voz do locutor e pela sensibilidade auditiva do ouvinte. Os princípios sobre os quais se baseia o telefone foram descobertos pelo escocês Alexandre Graham Bell em 1875.

Em pouco mais de um século, a telefonia evoluiu do primitivo equipamento com que Bell fez suas experiências básicas, até os atuais aparelhos telefônicos digitais e os complexos equipamentos para centrais temporais de programa armazenado e sistemas digitais de comunicação a longa distância (ALENCAR, 2002).

A telefonia é um complemento essencial a diversas atividades humanas, o que vem propiciando o seu desenvolvimento. Ela penetrou em tantos ramos da eletrônica e comunicações, que se tornou quase impossível avaliar a extensão de suas possibilidades. A telefonia móvel celular veio ampliar ainda mais o leque de opções da telefonia, libertando os assinantes da limitação imposta pelo fio telefônico.

Os princípios fundamentais da telefonia, entretanto, não sofreram alterações: transmite-se a voz humana a grandes distâncias, empregando-se o artifício de convertê-la em um sinal elétrico. A pequena potência de voz do locutor é transformada em energia elétrica no ponto inicial de transmissão. Essa energia elétrica pode ser amplificada e digitalizada, sendo então transmitida pelas linhas até o ponto final desejado, no qual novamente é transformada em energia sonora.

Segundo Alencar, o som é a sensação causada no sistema nervoso pela vibração de delicadas membranas no ouvido, como resultado da energia transmitida pela vibração de corpos, tais como um alto-falante ou a corda de um violão. O som, diferentemente da energia eletromagnética, requer um meio de propagação – ele não se transmite no vácuo.

O ar ambiente constitui um meio pelo qual o som pode ser transmitido. Entretanto, outros meios, sólidos ou líquidos, podem servir para sua propagação. Constata-se que um meio com maior densidade, um sólido, propaga o som melhor que o ar.

### 2.8.1 Características da onda sonora

Cada oscilação do corpo ou objeto corresponde a um ciclo da onda sonora. Denomina-se frequência o número de ciclos de uma onda sonora em um segundo. Um ciclo contém um pico positivo (condensação) e um pico (rarefação). A frequência é expressa em ciclos por um segundo e sua unidade é o Hertz (Hz).

O tempo gasto para se realizar um ciclo é denominado período. A medida mais comum do período é o segundo (s). O período expressa o inverso da frequência (ALENCAR, 2002).

O valor máximo da onda, que corresponde a seu pico, denomina-se amplitude máxima. A faixa dinâmica do sinal resulta da diferença entre a máxima pressão de condensação e rarefação, em relação à pressão atmosférica ambiente.

O comprimento de onda,  $\lambda$ , pode ser expresso pela relação entre a velocidade do som no meio,  $c$ , e a frequência do som,  $f$ .

As formas de onda podem ter características simples ou complexas. Uma forma de onda simples é constituída de uma única frequência. Uma forma de onda complexa é composta de duas ou mais frequências. A frequência mais baixa de uma

onda complexa denomina-se frequência fundamental. As demais são denominadas harmônicas. Além disso, os sinais podem ser classificados em determinísticos ou aleatórios, como o sinal de voz, é normalmente caracterizado por médias estatísticas.

A frequência mais baixa, presente na fala, está associada aos sons sonoros, podendo variar desde 60 Hz (para homens de voz grave) até 350 Hz (para mulheres e crianças). Essa frequência recebe usualmente o nome de fundamental ou tom principal. A maior parte da informação da fala está contida em frequências ditas formantes, ou formadoras (ALENCAR, 2002).

### 2.8.2 Parâmetros do som

A faixa de frequências audíveis vai de 20 Hz a 20 kHz. Os sons cujas frequências estejam abaixo de 20 Hz são denominados infra-sons e os acima de 20 kHz são denominados ultra-sons (RIBEIRO, 1992).

A amplitude determina a intensidade do som. Ela é função da força ou potência com que o som é produzido pela fonte sonora. Pela amplitude do som pode-se estabelecer se um som é forte ou fraco.

Timbre é a característica fundamental para que se possam distinguir os sons e as vozes de mesma frequência que sejam emitidos por diferentes instrumentos ou pessoas.

### 2.8.3 Características do sinal de voz

O mecanismo de produção da voz apresenta limitação em frequência. Esse limite é variável, mas fica por volta de 10 kHz. Os sistemas telefônicos limitam o sinal de voz a uma faixa de 3,4 kHz, com uma perda tolerável em quantidade. O sinal de voz se apresenta de forma sonora ou surda, conforme haja vibração ou não das cordas vocais; essa vibração das cordas vocais dá-se a partir de uma frequência fundamental (*pitch*). O sinal de voz  $m(t)$ , em virtude de ser um sinal aleatório, apresenta uma distribuição de probabilidades caracterizada como Laplace.

## 2.9 DISTORÇÕES NO SISTEMA TELEFÔNICO

Algumas características dos sistemas telefônicos levam à distorção no sinal de voz; segue abaixo alguns problemas encontrados e seus efeitos sobre a inteligibilidade (GIRARD, 1990):

- Limitação na amplitude de pico do sinal: Afeta a qualidade da voz, mas não reduz excessivamente a inteligibilidade quando a fala é ouvida em ambiente silencioso e sob índices de percepção confortáveis.
- Corte central no sinal: A supressão dos níveis mais baixos do sinal causa um efeito drástico sobre a inteligibilidade do sinal e afeta a qualidade da fala;
- Deslocamento de frequência: Ocorre quando a frequência da portadora recebida difere da transmitida e afeta a inteligibilidade e o reconhecimento do locutor;
- Retardo em sistemas operados por voz: Resulta na omissão de parcela inicial de uma mensagem. O efeito sobre a inteligibilidade é de uma queda linear da mesma com o aumento do intervalo omitido;
- Defasagem e retardo de transmissão: É normalmente mais pronunciado na transmissão via satélite, por conta da distancia que o sinal portador tem que percorrer. Como a inteligibilidade é resistente ao retardo, este ultimo afeta principalmente a qualidade da fala.
- Eco: Resulta de reflexões do sinal em pontos terminais da linha. Retardo acima de 65 ms produzem ecos perceptíveis e retardos inferiores tendem a tornar o som deturpado.
- Realimentação: Realimentação acústica é passível de ocorrer em trajetos de redes complexas. O efeito é perturbador para o locutor e para o ouvinte;
- Ruído: Diversos tipos de ruídos afetam a transmissão do sinal de voz. O ruído básico para sistemas digitais, conhecido como ruídos de quantização, resulta no mapeamento do sinal analógico em digital. O ruído considera uma função densidade de probabilidade Gaussiana.



## 2.10 O APARELHO TELEFÔNICO

O aparelho telefônico é o responsável pela origem e recepção de ligações; dentre suas funções incluem: - Solicita o uso do sistema telefônico, quando o micro telefone é levantado; - Indica que o sistema está pronto para o uso por meio da recepção do tom de discar; - Envia o número do telefone chamado ao sistema; - Acusa o recebimento de uma ligação com o toque da campainha; - Converte a voz para sinais elétricos para a transmissão; dentre outras funções.

Para Alencar (2002, p. 7) o fundamento da telefonia é:

o estabelecimento da ligação telefônica. Para tanto, além do telefone e do sistema telefônico, é necessária a existência do assinante. O processo inicia com o desejo de um determinado assinante A conversar com outro assinante B. A figura 1 mostra o diagrama em blocos do telefone.

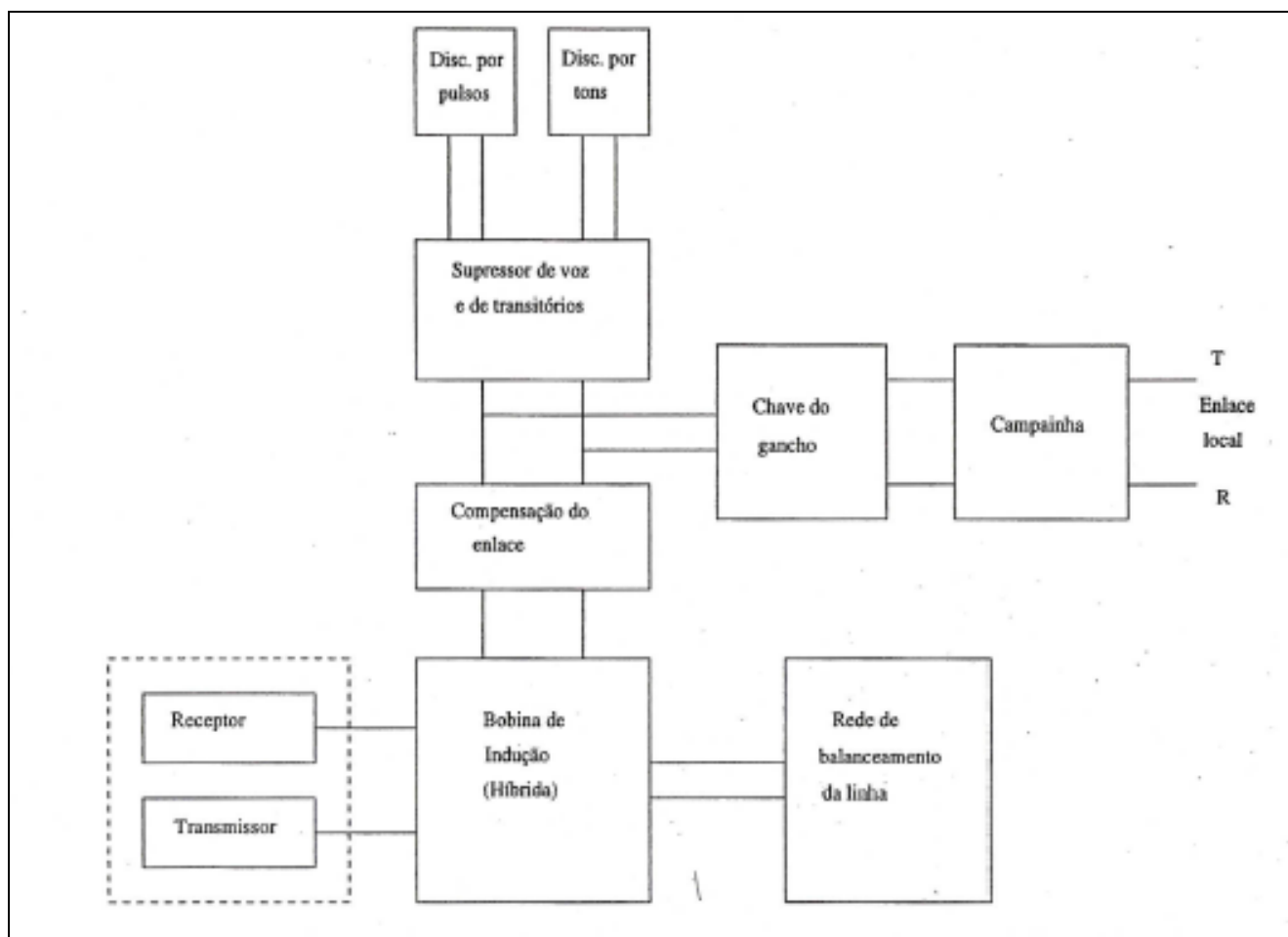


Figura 1: Diagrama em blocos do Telefone.

Fonte: TELEFONIA DIGITAL, p. 7.

## 2.11 DIGITALIZAÇÃO DE SINAIS ANALÓGICOS

Qualquer informação que necessite ser armazenada em um computador ou transmitida por um sistema de comunicações digitais, como mostrado na figura 2, incluindo sinais de voz e vídeo, séries temporais, resultados de medições e resultados do processamento de sinais passa, necessariamente, por um processo de codificação de fonte que pode incluir a amostragem, quantização e codificação do sinal (WAGDY, 1987).

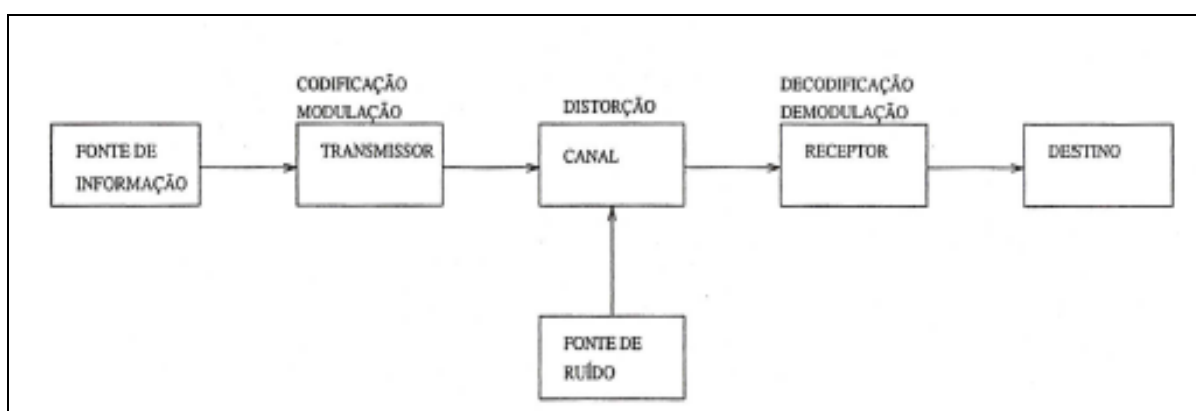


Figura 2: Sistema de Comunicações.

Fonte: TELEFONIA DIGITAL, p. 10.

Segundo Marcelo Sampaio de Alencar (2002, p. 11), Os processos de codificação de fonte, ou digitalização de sinais:

têm por objetivo final reduzir a entropia do sinal gerado pela fonte de dados de forma controlada. A modulação por codificação de pulsos (PCM), por exemplo, transforma um sinal analógico em uma série de pulsos binários que pode ser manipulada de maneira eficiente pelo sistema. Esse procedimento resulta em um erro, ou ruído, intrínseco, provocado pela etapa de atribuições de níveis quânticos ao sinal.

As etapas de amostragem e codificação não introduzem distorção apreciável no sinal, no instante da demodulação. O erro ou ruído de quantização, por outro lado, é inevitável no processo de quantização, que é a conversão do sinal analógico para o digital.

### 2.11.1 Amostragem do Sinal

No processo de amostragem, um sinal de voz contínuo no tempo é transformado em um sinal discreto no tempo, como mostrado na figura 3. 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: seja maior ou igual ao dobro da máxima frequência do sinal. Para um sinal com frequência máxima  $f_m$ , a frequência de Nyquist será:

$$f_a = 2 * f_m$$

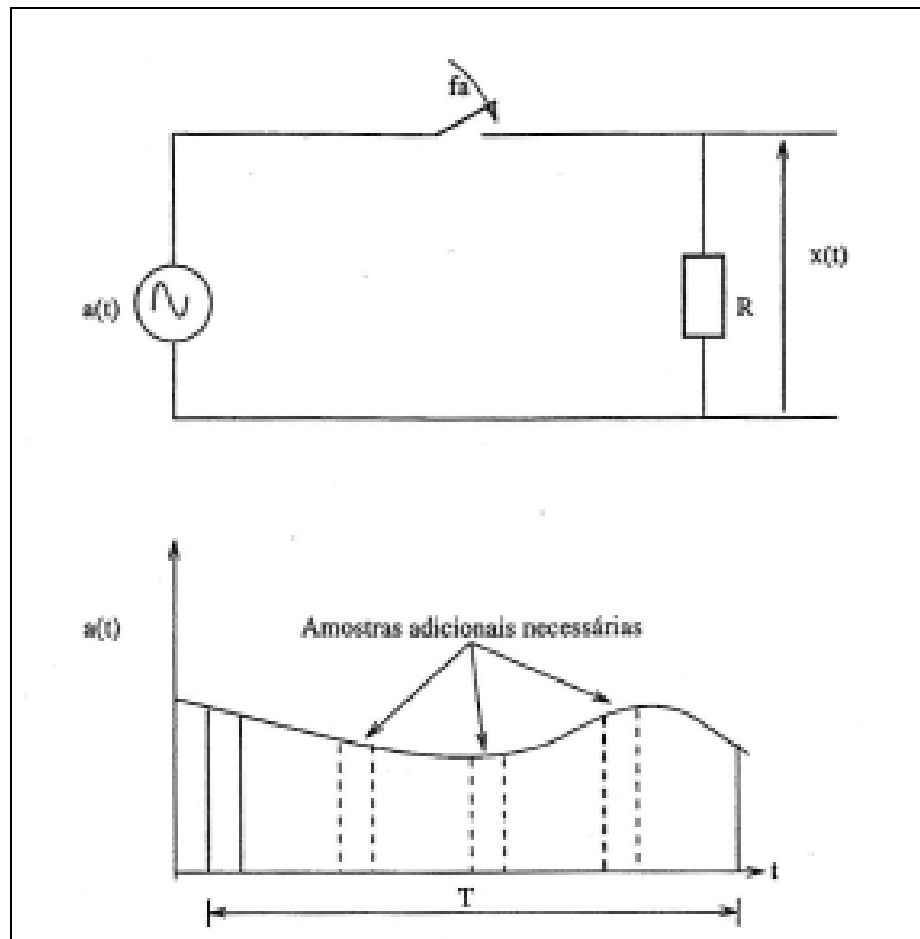


Figura 3: Esquema de um amostrador.

Fonte: TELEFONIA DIGITAL, p. 14.

Para aplicações em telefonia, a frequência de amostragem adotada internacionalmente é  $f_a = 8$  mil amostras por segundo. O sinal de voz é então quantizado para 256 níveis distintos. Após a codificação, o sinal é transmitido a uma

taxa de 8 k amostras x 8 bits/amostra = 64 kbits/s e ocupará uma banda passante de aproximadamente 64 kHz.

Caso a frequência de amostragem seja inferior à frequência de Nyquist, o sinal não poderá ser recuperado completamente, pois haverá superposição espectral, resultando em distorção nas frequências mais altas. Esse fenômeno é conhecido como aliasing.

### 2.11.2 Processo de quantização

O processo de quantização pode ser visualizado como mapeamento do sinal, a partir do domínio contínuo, para um número contável de possíveis níveis de saída. A necessidade de representar sinais com um número finito de bits faz com que o ruído de quantização esteja presente em quase todos os sistemas de processamento digital de sinais.

### 2.11.3 O processo de codificação

Desde a invenção do telefone, em 1876, as necessidades das comunicações a longa distância têm crescido, sendo o sinal de fala o mais comum nas redes de telecomunicações. O desenvolvimento das tecnologias digitais, nas últimas décadas, criou novos tipos de serviços, incluindo as Redes Digitais de Serviços Integrados para transmissão de fala, imagens e dados; as redes telefônicas digitais e o telefone móvel com transmissão digital.

Por codificação digital de voz, entende-se sua representação binária com o compromisso de manter a menor taxa de codificação possível e a melhor qualidade do sinal sintetizado (ALENCAR, 2002).

Os codificadores, embora utilizando um modelo paramétrico de representação do sinal, seguem a forma de onda original, sendo a sua qualidade medida em termos percentuais e pela relação entre potência do sinal e ruído (SNR). A uma taxa de 2,4 kbits/s, são utilizados normalmente os vocoders (*voice coders*), que não seguem o sinal amostra por amostra, mas tentam preservar as características espectrais do sinal ponto a ponto.

#### 2.11.4 Classificação dos codificadores de voz

Os codificadores de voz podem ser classificados em: codificadores de forma de onda, codificadores paramétricos e codificadores híbridos.

Codificadores de forma de onda: procuram reproduzir o sinal amostra por amostra, explorando suas características estatísticas, temporais ou espectrais. São codificadores de baixo atraso e pequena complexidade de implementação, mas requerem uma taxa de transmissão elevada (maior que 16 kbit/s). Fazem a quantização diretamente sobre a forma de onda do sinal de voz e podem trabalhar tanto no domínio do tempo quanto no domínio da frequência. O objetivo deste codificador é reproduzir a forma de onda, amostra por amostra, de maneira mais eficiente possível.

Codificadores paramétricos: ou vocoders, são baseados no modelo de produção da voz e representado por um conjunto de parâmetros quem tem atualização periódica. Para determinação desses parâmetros, o sinal é segmentado a intervalos periódicos chamados quadros.

Codificadores híbridos: combinam a qualidade dos codificadores de forma de onda com a eficiência dos codificadores paramétricos; são baseados nos modelos de produção de voz e utilizam uma excitação mais apurada para o sintetizador.

#### 2.11.5 Vocoder de canal

O objetivo básico dos vocoders é codificar somente os aspectos perceptivelmente importantes do sinal de voz, com menos bits quem os codificadores de forma de onda mais gerais. Deste modo, esses codificadores podem ser utilizados em aplicações com banda passante limitada nas quais outras técnicas não se aplicam.

Foram desenvolvidos em 1928, por Homer Dudley. A implementação original de Dudley comprimia as formas de onda em sinais analógicos com uma banda passante total de 300 Hz (Alencar, 2002 p.40).

Os vocoders de canal modernos também determinam a natureza da excitação da voz e contam as frequências do som da voz. As medidas de excitação são usadas para sintetizar o sinal de voz no decodificador e são feitas pela passagem de

uma fonte apropriada de sinal de um extremo a outro no domínio de frequência da função de transferência do canal, conforme mostra figura 4.

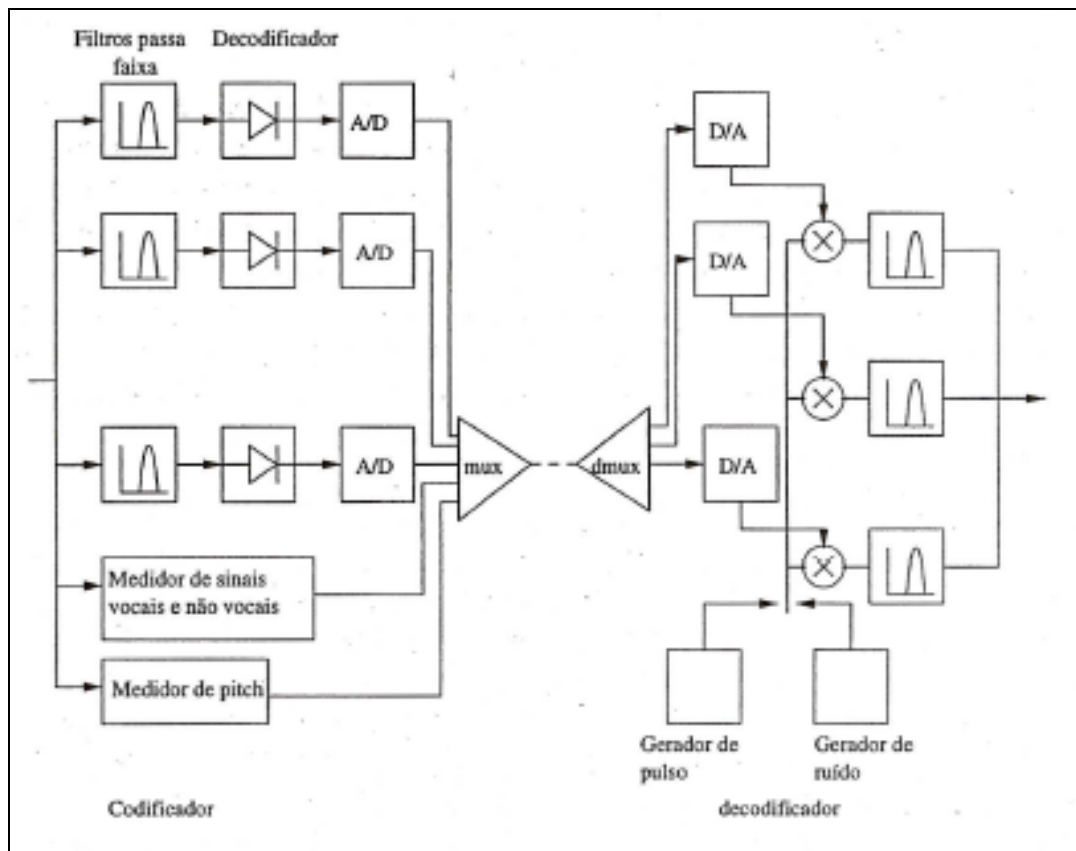


Figura 4: Vocoder de Canal.

Fonte: TELEFONIA DIGITAL, p. 41.

#### 2.11.6 Vocoder de formante

Os pulsos da densidade espectral da voz são distribuídos espaçadamente sobre toda a faixa de voz (300 Hz – 3400 Hz). Desse modo a energia da voz tende a se concentrar em três ou quatro picos chamados formantes. Um vocoder de formante determina a localização e a amplitude desses picos e transmite essa informação em vez de todo o envelope espectral (ALENCAR, 2002).

#### 2.11.7 Codificador Preditivo Linear

LPC é um vocoder muito utilizado que extrai características perceptivelmente importantes do sinal de voz diretamente da forma de onda no tempo.

Fundamentalmente, um LPC analisa a forma de onda da voz pra produzir um modelo do trato vocal variante no tempo e para produzir a função de transferência do modelo vocal.

#### 2.11.8 Codificação preditiva linear com excitação aumentada

Para superar algumas falhas do LPC básico desenvolveram o – Código Multipulso: É uma extensão do LPC convencional que usa erro de predição para determinar o período de repetição do sinal de voz, um MLPC usa predição residual para determinar uma seqüência de pulsos de excitação que forneça o menor erro possível. – Codificação por Excitação Residual Preditiva Linear: O RELP se refere a sua estrutura que é idêntica à de um codificador preditivo adaptativo, mas que difere na maneira como o erro de predição é codificado. Um RELP não codifica o erro de predição diretamente, mas processa esse erro em uma predição que permitia uma baixa taxa de dados.

#### 2.11.9 Codificação por excitação linear preditiva – CELP

Os codificadores CELP são parecidos com os codificadores de multipulso, a diferença entre eles é que nos codificadores CELP a seqüência de pulsos de excitação é selecionada de um conjunto de vetores aleatórios, previamente armazenados, formando uma espécie de dicionário.

#### 2.11.10 PCM adaptativo

No quantizador adaptativo APCM o passo de quantização varia com o tempo, de modo a acompanhar as variações do sinal. Essa adaptação é baseada nas amostras passadas do sinal.

### 2.11.11 PCM diferencial

O objetivo da técnica diferencial é a redução na redundância do sinal de voz. Isso é obtido quantizando a diferença de amplitude entre amostras adjacentes. A figura 5 mostra o diagrama em blocos de um DPCM para aplicações na rede digital de serviços integrados (RDSI).

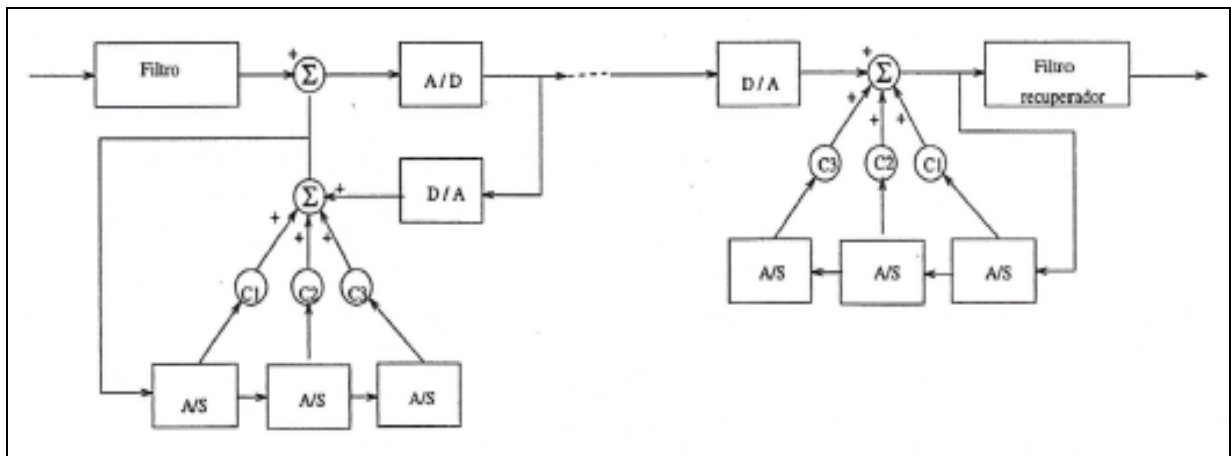


Figura 5: Diagrama em blocos de um DPCM.

Fonte: TELEFONIA DIGITAL, p. 38.

### 2.11.12 Modulação delta

A modulação Delta é um caso especial do DPCM, no qual a variação de amplitude de amostra a amostra é quantizada, usando-se apenas dois níveis de quantização.

## 2.12 A REDE TELEFÔNICA

A rede telefônica é composta pela rede de longa distância, que inclui as centrais interurbanas e internacionais e os respectivos entroncamentos; a rede local, contendo as centrais e entroncamentos em área urbana e o enlace do assinante, constituído pelos terminais e linhas de assinante.



Os assinantes de uma operadora telefônica demandam diferentes serviços, dentre os quais se destacam: transmissão de dados, telefonia, telex, comunicações móveis, acesso à internet, transmissão de vídeo.

As redes telefônicas podem ser classificadas, quanto à hierarquia, em redes interurbanas e redes locais. As redes locais se dividem em redes de assinantes (que ligam os assinantes às estações telefônicas) e redes de entroncamentos (que interligam as estações locais). Já as redes de assinantes podem ser classificadas em redes de alimentação (primárias), redes de distribuição (secundárias) e redes internas (terciárias) (NETO et. AL, 1991).

### 2.12.1 Central telefônica

Podem ser públicas ou privadas. Os aparelhos telefônicos ligados a uma central privada são chamados ramais, enquanto os enlaces com a central local são chamados troncos. Já as centrais públicas são classificadas de acordo com a abrangência e os tipos de ligações que efetuam em (ALENCAR, 2002 p. 64):

- Central local: Onde chegam as linhas de assinantes e se faz a comutação local. A interligação de centrais locais forma uma rede em malha ou sistema local;
- Central tandem local: Comuta ligações entre centrais locais, formando uma rede em estrela;
- Central tandem interurbana: Interliga centrais interurbanas;
- Central trânsito interurbana: Interliga dois ou mais sistemas locais, inclusive por intermédio de uma central tandem local. Essas centrais interligam-se diretamente ou através de outra central trânsito;
- Central trânsito internacional: Faz a interligação entre países.

## 2.13 SINALIZAÇÃO NA REDE TELEFÔNICA

### 2.13.1 Sinalização de Linha

A sinalização de linha ocorre entre juntores de centrais distintas e não é percebida pelos assinantes. Os sinais de linha podem ser classificados em (ALENCAR, 2002 p. 66):

- Ocupação: O sinal de ocupação é emitido pelo juntor de saída de onde provém a chamada para a central que a enviará para o assinante chamado;
- Atendimento: O sinal de atendimento é gerado pelo juntor de entrada para o juntor de saída, indicando ao chamador o momento em que o assinante chamado atende a ligação;
- Desligar para trás: O sinal de desligar para trás também gerado pelo mesmo juntor, indicando que o assinante chamado colocou o fone no gancho;
- Desligar para frente: O sinal de desligar para frente é emitido pelo juntor de saída da central de onde vem o sinal do assinante chamador no instante em que este repõe o telefone no gancho, para indicar ao juntor de entrada que o chamador desligou;
- Confirmação de desconexão: O sinal de confirmação de desconexão é uma resposta do juntor de entrada ao sinal anterior;
- Desconexão Forçada: O sinal de desconexão forçada é um sinal temporizado, cuja temporização tem início no momento do envio da sinalização de desligar para trás. Geralmente esta temporização é 90 segundos;
- Tarifação: O sinal de tarifação é emitido a partir do ponto de tarifação para o contador do assinante chamador, de acordo com o degrau tarifário correspondente;
- Bloqueio: O sinal de bloqueio ocorre quando há falta ou bloqueio no juntor de entrada da central do assinante chamado;

- Re-chamada: O sinal de re-chamada ocorre geralmente quando se utiliza nessa operadora, para chamar o assinante chamado, após este ter desligado.

### 2.13.2 Sinalização de Registrador

Esta sinalização é trocada entre órgãos de controle das centrais, ocorre no início da ligação, entre assinantes de centrais distantes, até o momento em que o telefone do assinante chamador ouve o sinal sonoro indicando que o outro assinante está sendo chamado, está ocupado ou não existe. O método de sinalização pode ser por pulsos decádicos ou por sinais multifrequenciais (ALENCAR, 2002 p. 67).

### 2.13.3 Sinalização MFC

A sinalização de registro nas centrais atuais pode ser mostrada por meio de comandos do software das mesmas. Isto é muito útil para acompanhar problemas de encaminhamento e congestionamento, pois a sinalização MFC CAD sinal enviado compele o registrador de destino a emitir a um sinal de volta, caso contrário a ligação é interrompida. Na sinalização MFC, são utilizadas 12 frequências, sendo 6 utilizadas pelos sinais para frente e 6 pelos sinais para trás.

Os sinais MFC são divididos em quatro grupos, sendo dois para sinais para frente e dois para sinais para trás.

Os sinais para frente podem ser:

- Grupo I – Sinais referentes a informações numéricas e de seleção;
- Grupo II – Sinais referentes à categoria do assinante originador da chamada;

Os sinais para trás também se dividem em dois grupos:

- Grupo A – Sinais referentes à solicitação de informações à central anterior, para o estabelecimento da conexão;
- Grupo B – Sinais referentes ao estado da linha do assinante chamado.

## 2.14 MONTAGEM DA REDE TELEFÔNICA DIGITALIZADA

A entrada ou saída de uma central temporal de programa armazenado (CPA-T) corresponde a um sinal digitalizado de um TDM-PCM de primeira ordem. Os diversos entroncamentos são (RIBEIRO et al., 1992):

- Entroncamento urbano: Uso de codificação de fonte. Equalização e filtragem para corrigir distorção e interferência intersimbólica. Uso de modulação digital para grandes distâncias. Alguns tipos de sinais utilizados na transmissão em banda básica entre centrais são mostrados na Figura 6

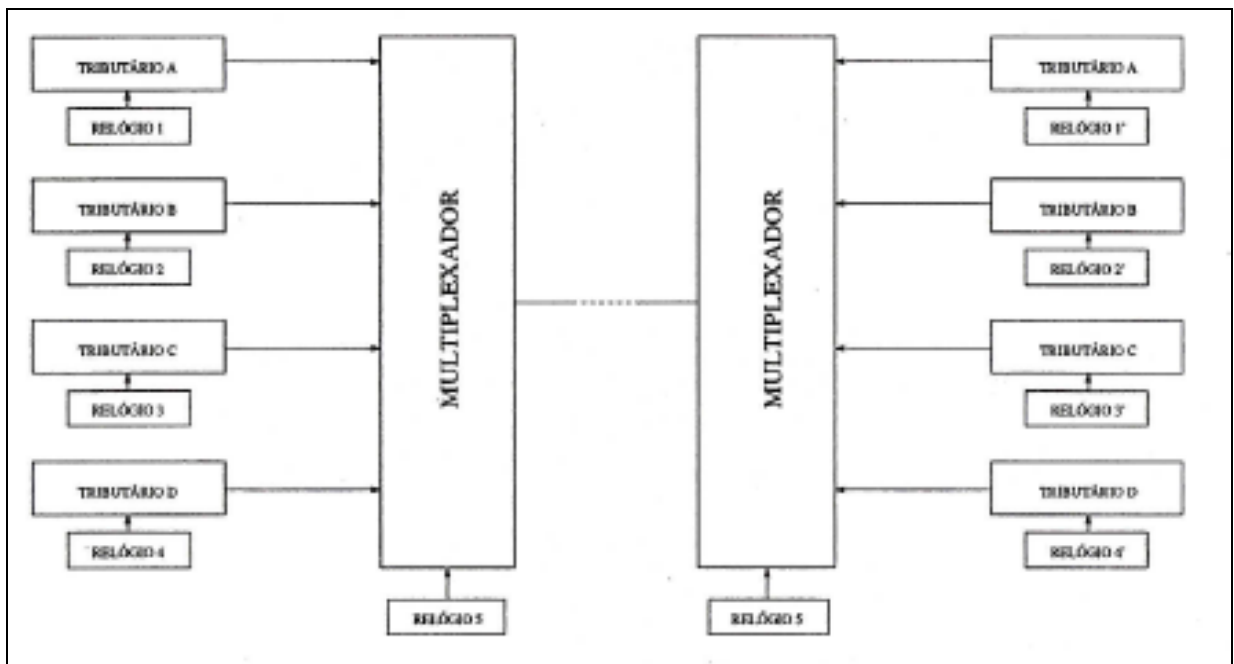


Figura 6: Tributários de fontes Distintas.

Fonte: TELEFONIA DIGITAL, p. 83.

- Entroncamento a longa distância: Multiplexação de sinais e transmissão em faixa larga, Transmissão por cabo. Comunicação por fibra Óptica. Transmissão digital via satélite.
- Rede básica digital: A rede telefônica absorveu serviços digitais. A rede se desenvolve com rapidez, incluindo meios de alta capacidade, TDM's de ordem elevada e hierarquia digital síncrona.

## 2.15 TRANSFORMAÇÃO DA REDE TELEFÔNICA COM A DIGITALIZAÇÃO

### 2.15.1 Análise do Ponto de Vista Topológico

A rede local com as centrais e entroncamentos em área urbana estão num estágio mais avançado de digitalização. A rede de longa distância, a qual pertencem às centrais interurbanas e internacionais e os respectivos entroncamentos, conta com digitalização mais recentes. No enlace do assinante, constituído pelos terminais e linhas de assinante, a digitalização se faz aos poucos (ALENCAR, 2002 p. 90).

### 2.15.2 Análise do Ponto de Vista Operacional

O plano de numeração não terá a sua filosofia alterada com a digitalização, no entanto o tamanho dos números pode aumentar. O plano de encaminhamento passa a ser dinâmico com o uso de computadores para analisar constantemente as condições de rede, evitando a necessidade de mecanismos de gerência e reprogramação de rede.

### 2.15.3 Digitalização dos Equipamentos Telefônicos

A conversão analógico/digital pode ser feita em PCM ou DM a 64 kbits/s, A lógica de sinalização se encarrega das funções de sinalização acústica e de linha de assinante. A operação digital é feita a 4 fios. O modem inclui uma híbrida telefônica para a conversão.

### 2.15.4 Evolução da Rede Telefônica para a RDSI

Com a digitalização e codificação todos os sinais de comunicação podem ser reduzidos a uma base comum. Isso permite a integração de serviços, com vantagens para o usuário e para a operadora. Do ponto de vista do usuário, a integração facilita e flexibiliza a interligação e utilização dos terminais, melhora a

qualidade, reduz os custos e expande o conjunto de serviços disponíveis. A operadora ganha maior eficiência e uma otimização da rede e dos equipamentos. A figura 7 mostra uma configuração típica para a RDSI.

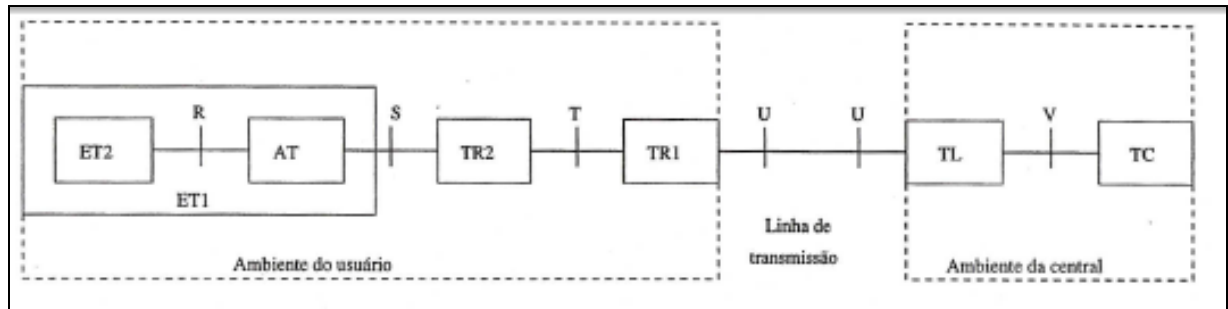


Figura 7: Configuração Típica para a RDSI.

Fonte: TELEFONIA DIGITAL, p. 95.

#### 2.15.5 Configurações de Acesso à RDSI

Para caracterizar as montagens típicas para a interligação de usuários à RDSI foram estabelecidos os conceitos de (ALENCAR, 2002 p. 97):

- Ponto de referência: Pontos conceituais usados para separar grupos de funções, com características de interface padronizada;
- Grupamentos funcionais: Arranjos físicos de equipamentos para desempenhar certa função;
- S e T: Pontos de referência que caracterizam as interfaces físicas entre os equipamentos definidas como tomadas de acesso do usuário à RDSI;
- U: Ponto de referência que pode fazer parte do equipamento de transmissão ou identificar uma interface;
- V: Ponto de referência entre a terminação de linha e a terminação da central;
- ET1: Equipamento terminal RDSI que obedece à interface S da RDSI. Inclui funções de tratamento de protocolo, manutenção, interface e conexão com outros equipamentos;
- ET2: Equipamento terminal que inclui as mesmas funções do ET1, mas não obedece à interface S da RDSI;

- AT: Adaptador do terminal, que permite interligar o equipamento ET2 à interface S;
- TR1: Terminação de rede que faz o acoplamento entre a linha de transmissão e as instalações do usuário. Compreende as funções de terminação de linha, temporização e multiplexação temporal. Faz a conversão do código de linha (interface U) para o código da instalação do usuário (interface interna T);
- TR2: Terminação de rede para distribuição dos terminais ET1 e ET2 nas instalações do usuário, quando este possui instalação multiusuário. O TR2 faz a concentração de acesso de vários terminais. Compreende as funções de tratamento de protocolo, comutação, concentração e manutenção;
- TL: Terminação de linha para acoplamento entre a linha de transmissão da central compreende as funções de alimentação, localização de falhas, conversão de códigos e regeneração;
- TC: Terminação de central, que faz o tratamento de sinalização, mantém, e supervisiona a conexão do lado da central. Compreende as funções de tratamento de protocolo, gerência de rede, operação e manutenção.

#### 2.15.6 Plano de Numeração para a RDSI

Em 1984 o ITU-T, na época ainda chamado CCITT, produziu recomendações para um plano internacional de numeração que cobrisse as redes digitais de serviços integrados. A recomendação estende os planos de numeração existentes, utilizados pelas operadoras públicas. Dessa forma, o acesso de um usuário RDSI será idêntico ao de um usuário convencional, sendo provido pela mesma central local.

O comprimento máximo dos números internacionais é estendido para 15 dígitos. O código de área passa a chamar-se código de destino de rede (*Network Destination Code* – NDC). Uma central trânsito internacional analisará seis dígitos para determinar uma rota.

## 2.16 CENTRAL TELEFÔNICA

A central telefônica é o elemento de rede responsável pela comutação de sinais entre os usuários. As centrais são interligadas por entroncamentos de cabos ópticos ou cabos de pares em sistemas mais antigos. O controle por programa armazenado (*Stored Program Control* – SPC), utilizado nas centrais atuais apresenta uma série de vantagens como: Flexibilidade, Facilidades para os assinantes, Facilidades administrativas, Velocidade de estabelecimento da ligação e Economia de espaço (ALENCAR, 2002 p. 100).

As centrais telefônicas digitais diferem das redes de computadores, basicamente, na técnica de comutação utilizada. Utilizam a comutação de circuitos, o que torna a fase de estabelecimento da ligação a parte mais importante e complexa deste processo; tendo em vista que a central funciona como uma rede em estrela, não existem problemas de roteamento interno e o congestionamento eventual ocorre na própria central. A central telefônica é composta de três estruturas básicas: o processador central, o conjunto de programas e a estrutura de comutação digital conforme descreva a figura 8.



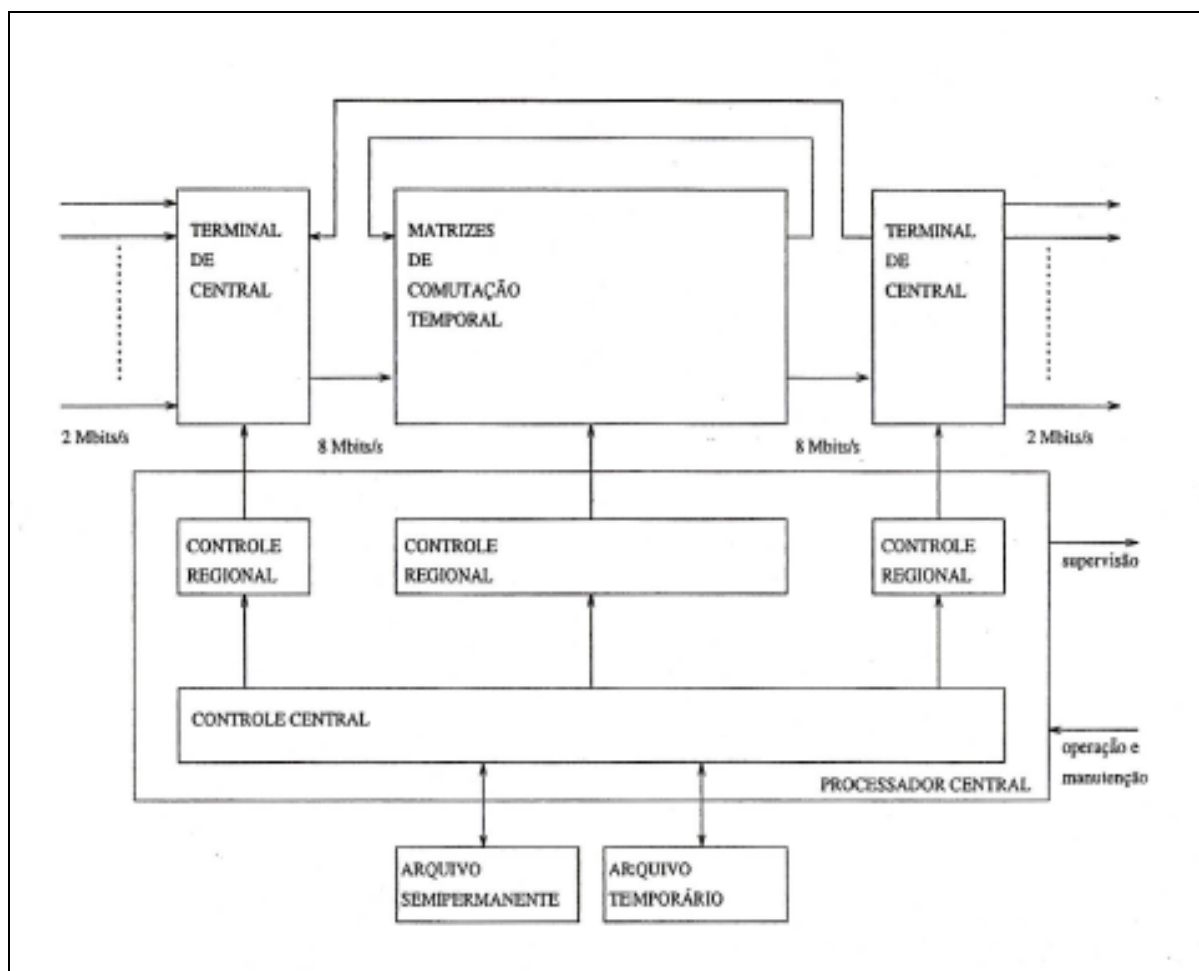


Figura 8: Estrutura de uma Central Temporal – CPA-T.

Fonte: TELEFONIA DIGITAL, p. 101.

Uma característica importante de qualquer rede em estrela, como a central telefônica, é a possibilidade do bloqueio de chamadas, que ocorre quando não há vias disponíveis para a conexão de uma porta de entrada com uma de saída. (KEISER; STRANGE, 1995).

Os sistemas telefônicos são geralmente projetados para probabilidades de bloqueio (grau de serviço) da ordem de 0,1 a 1%, para a hora de maior movimento (HMM). Sistemas de comunicações móveis celulares podem ter um grau de serviço de até 2%.

A análise de uma central telefônica com apenas um estágio de comutação espacial revela que os pontos de cruzamento são utilizados ineficientemente; apenas um ponto de cruzamento em cada linha ou coluna de uma matriz de comutação é utilizado por vez – mesmo que todas as linhas estejam ativas.

Basicamente uma central temporal opera por um processo de escrita e leitura de dados em uma memória. O número máximo de canais  $c$  que pode ser tolerado por uma central de memória singela é:

$$C = \frac{125}{2 t_c}$$

Em que  $t_c$  representa o tempo de ciclo da memória em microssegundos ( $\mu s$ ) e 125 é o tempo de repetição do quadro, também dado em microssegundos, para um sinal de voz amostrado a uma taxa de 8 k amostras/s.

As centrais de comutação eletrônica da rede pública costumam associar elementos de comutação temporal (para mudar a posição da informação no quadro) e elementos de comutação espacial (para mudar a informação de quadro). As combinações de estágios temporais e espaciais apresentam as seguintes características (ALENCAR, 2002 p. 105):

O sistema STS engloba um estágio de comutação espacial, um de comutação temporal e outro espacial. Permite usar recursos de concentração e expansão.

O sistema TST amplia a capacidade de acesso, porque o elemento de comutação espacial funciona como um estágio de distribuição.

O sistema TSST reúne as características de ter ampla capacidade de acesso e dispor de recursos de concentração e expansão.

O sistema TSSST tem ampla capacidade de acesso, dispõe de recursos de concentração e expansão e reduzida característica de bloqueio. A central 4ESS da AT&T é um exemplo de comutação combinada do tipo TSSST.

A expansão geralmente não é usada em centrais locais. Nesse caso, como as linhas de assinantes estão usualmente pouco carregadas, a concentração é utilizada. As centrais tandem, por seu turno, não usam concentração porque seus troncos estão usualmente muito carregados. A expansão também não é utilizada em centrais tandem.

### 2.16.1 Funções da Central Telefônica

Dentre as funções principais das centrais telefônicas estão :

Atendimento – O sistema monitora constantemente todas as linhas para detectar os pedidos de chamada; o atendimento implica na cessão de recursos para completar a chamada (ALENCAR, 2002 p. 112);

Recepção de informação – Além dos sinais de solicitação e término da chamada, a central ainda recebe outras informações como endereço da linha chamada e informações relativas a serviços de valor adicionado;

Processamento da informação – O sistema deve processar as informações recebidas para definir as ações a serem tomadas;

Teste de ocupado – Após o processamento da informação a determinação do circuito de saída requerido, o sistema faz um teste de ocupado para verificar a disponibilidade do circuito;

Interconexão – Para uma chamada entre dois usuários, três conexões são realizadas na seqüência seguinte: ligação para o terminal que originou a chamada, ligação com o terminal chamado e conexão entre os dois terminais;

Alerta – Após realizada a conexão, o sistema alerta o usuário chamado e envia um tom característico para o assinante que chama;

Supervisão – A supervisão da chamada é feita durante todo o tempo para tarifação e determinação do instante em que o circuito deve ser desconectado;

Envio de informação – Ocorre sempre que o usuário se encontre ligado à outra central. A central de origem deve enviar, por exemplo, a informação de endereço para ser processada pela central de destino.

### 2.16.2 Planejamento do sistema telefônico

Na telefonia, o planejamento é realizado através de informações externas levando em consideração as previsões de demanda por serviço em relação a determinado horizonte, além de informações econômicas acerca da estrutura de custos dos elementos que compõem a rede.

Podem-se identificar três fases no processo de planejamento (GIRARD, 1990):

A primeira fase é o projeto de uma estrutura topológica para a rede, a partir de considerações de onde localizar os componentes e como interligá-los, sujeitas a restrições de conectividade.

O problema de síntese de rede compõe a segunda fase, que utiliza as informações provenientes do estágio dito antes para calcular a dimensão ótima dos componentes, sujeita às restrições quanto ao grau de serviço estabelecido em relação a medidas de desempenho, como atraso e probabilidade de perda.

A especificação da tecnologia para implementação dos requisitos de transmissão é desenvolvida na terceira fase. Esse é o estágio de realização da rede ou estágio de roteamento que deve ser executado tendo em vista os componentes disponíveis no mercado, incluindo cabos coaxiais, fibras ópticas, sistemas específicos de transmissão e comutação.

### 2.16.3 Aspectos que Afetam o Planejamento

Uma rede de telecomunicações deve prover seus assinantes com serviços de qualidade satisfatória a um preço compatível. Alguns dos diferentes aspectos que afetam a filosofia dos sistemas em termos de planejamento estão listados abaixo:

**Demanda de Assinantes:** O desejo que um assinante tem de ser comunicar com outro;

**Facilidades para os Assinantes:** Envolve os meios básicos e adicionais do sistema, por exemplo, serviço de busca, correio de voz, etc;

**Normas:** Existe um conjunto de normas e regulamentações do ITU-T e práticas da Telebrás a serem seguidas. É especialmente importante que o sistema tenha uma capacidade adequada em associações como situações críticas para manter a confiabilidade;

**Estrutura:** A estruturação de um sistema pode ser realizada de muitas maneiras diferentes; em termos de segurança, deve-se observar que defeitos o sistema pode apresentar, ou garantir que uma dessas paradas totais pode ocorrer, no máximo, a cada 50 anos;

**Expansão:** É importante, quando se projeta um sistema, que a possibilidade de começar como uma pequena parte do sistema, seguida de expansão em etapas sucessivas, até a máxima capacidade atenda em qualquer das etapas à demanda do tráfego;

**Otimização da Rede:** A rede telefônica consiste em um grande número de vias, algumas das quais diretas, outras de alta utilização e algumas tandem. A tarefa de encontrar um arranjo ótimo de vias e centrais sob restrições relativo ao grau de serviço, cobertura e qualidade de transmissão é muito complexa (TOLEDO, 1975). A tabela 1 mostra os diferentes tipos de dados para o projeto do sistema telefônico;

**Tempos de Retenção:** Toda chamada oferecida a qualquer órgão que conduz um tráfego em um sistema de telecomunicações ocupará esse órgão por um certo intervalo de tempo. A duração dessa ocupação é chamada tempo de retenção;

**Conceito de Tráfego:** Para o dimensionamento do sistema, o número de chamadas ou o tempo de retenção não fornecem uma base satisfatória. Portanto, define-se o tráfego como o produto da taxa média de chamadas durante um intervalo de tempo, pelo tempo médio de retenção dessas chamadas durante o mesmo intervalo (GOMES, 1991).

Tabela 1: Parâmetros para projeto do Sistema.

Localização da central	Otimização da rede
Grau de serviço	Plano de transmissão
Especificações da central	Otimização da rede básica
Distribuição do tráfego	Especificações da transmissão
Relação de assinantes	Matriz de tráfego
Dados geográficos	Percorso dos cabos
Local de construção	Rotas

Fonte: TELEFONIA DIGITAL, p. 141.

#### 2.16.4 Tráfego e Congestionamento

O projeto de sistemas telefônicos é feito a partir de informações que incluem o tráfego telefônico. Por outro lado, durante o projeto um certo grau de serviço é estabelecido, como função do congestionamento permitido.

### 2.16.5 Unidade de Tráfego

Define-se a unidade de tráfego erlang, como número médio de ocupações simultâneas durante um período definido. O tráfego A, em erlangs, é freqüentemente calculado da seguinte forma (FARIA, 1985 p. 230):

$$A = \lambda \cdot t \cdot m$$

Em que  $\lambda$  = número de chamadas por unidade de tempo, ou de novas ocupações por unidade de tempo e  $t \cdot m$  = duração média das ocupações expressas na mesma unidade de tempo.

### 2.16.6 Congestionamento

Por razões econômicas, limita-se o número de órgãos na central telefônica, permitindo que chamadas sejam algumas vezes bloqueadas. Isso implica em a chamada ser rejeitada (Sistema de Perda) ou tenha que esperar (Sistema de Demora). Pode-se definir o conceito de congestionamento de duas formas:

- Congestionamento de tempo: Aquela parte do tempo total, durante a qual todos os órgãos ou caminhos de comunicação estão ocupados.
- Congestionamento de chamadas: Aquela parte do número total de chamadas que encontra todos os órgãos inacessíveis, ou caminhos de comunicação ocupados.

Os principais indicadores de desempenho operacional do sistema telefônico estão relacionados na tabela 2, junto com as siglas e objetivos do Sistema Telebrás.

Tabela 2: Indicadores de desempenho do Sistema Telebrás.

Indicadores	Sigla	Objetivo
Taxa de solicitações de consertos por 100 telefones	R1	4%
Taxa de solicitações de consertos repetidas em 30 dias	R1.3	15%
Taxa de atendimento de reparo	R2	95%
Taxa de completamento de ordens de serviço	S1	95%
Taxa de contas reclamadas	S2	0.6%
Taxa de obtenção do tom de discar ou teclar	T1	98%
Taxa de atendimento de serviços especiais	T3	90%
Taxa de chamadas completadas no DDD	T6	58%

Fonte: TELEFONIA DIGITAL, p. 144.

### 2.16.7 Medição de Tráfego

As operadoras dos serviços telefônicos do sistema Telebrás são avaliadas pelo resultado de indicadores. Com esses indicadores calcula-se o desempenho do sistema telefônico (DST) que é um resumo da qualidade dos serviços oferecidos por cada empresa. Esses indicadores são divididos em dois grupos básicos: Indicadores do grupo de prestação de serviços de telecomunicações e indicadores do grupo de complemento de chamadas.

A Telebrás define alguns indicadores que permitem, por meio da coleta de dados, se obter informações necessárias para o entendimento das causas das anormalidades ocorridas no sistema telefônico. Estes indicadores são obtidos por intermédio dos testes de sistema DDD-X e DDD-Y, como ilustrado na figura 9.

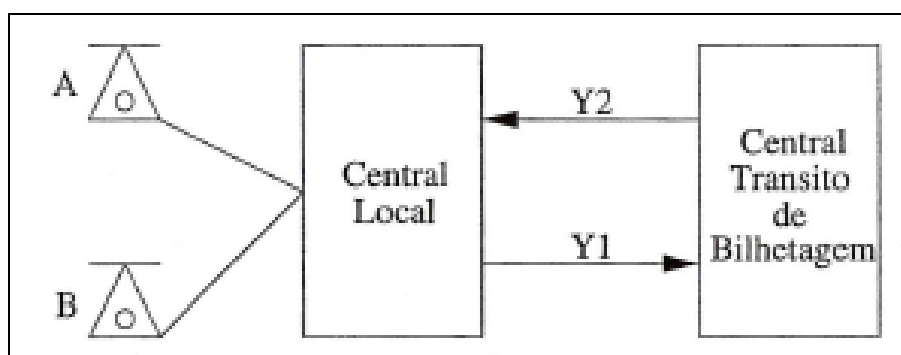


Figura 9: Teste de Sistema DDD-Y.

Fonte: TELEFONIA DIGITAL, p. 212.

### 2.16.8 Testes de Sistemas DDD-Y e DDD-X

A atividade DDD-Y é composta por indicadores de desempenho que retratam a qualidade das chamadas saintes e entrantes da central analisada, além da qualidade da central bilhetadora, medida por meio das chamadas registradas. Esses indicadores estão relacionados na Tabela 3.

Tabela 3: Indicadores de Desempenho do Sistema DDD-Y.

<b>INDICADORES DE DESEMPENHO</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Significado</b>
Y1	Mede a qualidade de acesso da central local à central de trânsito de bilhetagem
Y2	Mede a qualidade de acesso da central de trânsito de bilhetagem a central local
Y3	Mede a eficiência do sistema de terificação
Y	Relação entre o número de chamadas completadas e o número de chamadas originadas

Fonte: TELEFONIA DIGITAL, p. 213.

O teste de sistema DDD-X mostra o funcionamento e o andamento da central observada e indica objetivamente as chamadas completadas e as chamadas excluídas de um sistema telefônico. Os indicadores que retratam esse sistema são os indicadores de controle e de perdas. Estes indicadores são mostrados na Tabela 4.



Tabela 4: Indicadores de Controle de perdas do Sistema DDD-X.

<b>INDICADORES DE CONTROLE E DE PERDAS</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Significado</b>
OK	Indica o total de chamadas completadas sem erro.
NR	Indica o total de chamadas que o assinante de destino não respondeu.
LO	Indica o total de chamadas que encontraram o assinante de destino na condição de ocupado.
CO0	Indica o número de chamadas não completadas devido ao esgotamento de temporização do sinal MFC no receptor.
CO1	Indica o número de chamadas não completadas por congestionamento ou defeito na central de origem.
CO2	Indica o número de chamadas não completadas por congestionamento ou defeito na central de destino.
CO3	Indica o número de chamadas não completadas devido à falha na troca de sinalização multifrequencial.
CO	Somatório dos valores CO.
OU	Indica chamadas não completadas devido a fatores diferentes dos acima citados.
PAB	Indica a taxa de perda do assinante B, diz respeito às chamadas encaminhadas e não completadas, seja porque o telefone está ocupado (LO) ou não responde (NR).

Fonte: TELEFONIA DIGITAL, p. 213.

## 2.17 REDES DE COMPUTADORES

O uso de redes de computadores tem se tornado a ferramenta mais importante para a expansão e sucesso de qualquer empresa, pois é a interligação entre os usuários nos terminais que facilita o processo de compartilhamento de recursos, uso de uma impressora em comum, gravadores de CD's, ou simplesmente a comunicação entre os usuários através de mensagens.

Além de compartilhar os recursos disponíveis na rede, a mais importante funcionalidade desta, é a transmissão de informações, principalmente nas empresas de grande e médio porte, que dependem totalmente dos dados fornecidos por um sistema de gestão integrado, onde o software agregado à rede torna-se o coração da empresa.

Por esses motivos que ao se projetar uma rede, não se deve ter medo de investir em materiais e equipamentos que suportem o fluxo de informações da

empresa, planejando o futuro crescimento e a adição de mais serviços agregados a ela.

O projeto de uma boa rede auxilia na não necessidade de ampliação e improvisos, porém dependendo da demanda de crescimento de uma empresa, esta necessita unir ou até mesmo trocar de topologia adotada na rede.

## 2.18 TOPOLOGIA DE REDES

O significado literal de topologia de redes, se refere à noção espacial da interligação entre os terminais desta rede. As topologias físicas se dividem, basicamente, em três tipos:

Estrela: todos os terminais são ligados a um mesmo ponto, este pode ser um switch, roteador, etc. Esta topologia possui variantes, onde vários switches ou roteadores, por exemplo, são ligados a um único ponto, esta topologia chama-se estrela estendida. Se este ponto central for um servidor, por exemplo, esta topologia será chamada de hierárquica.

Anel: os terminais são conectados de forma que o primeiro liga-se ao segundo, este se liga ao terceiro, assim, sucessivamente até que o último se conecte ao primeiro, fechando um loop.

Barramento: todos os terminais se conectam a um mesmo cabo, enviando e recebendo os dados através deste. Por isso, precisa-se de um maior controle e segurança sobre esta topologia, para que apenas um terminal de cada vez transmita, evitando as colisões, e que o dado seja lido somente pelo destinatário.

A Figura 10 mostra os tipos de topologias de rede e suas variáveis.

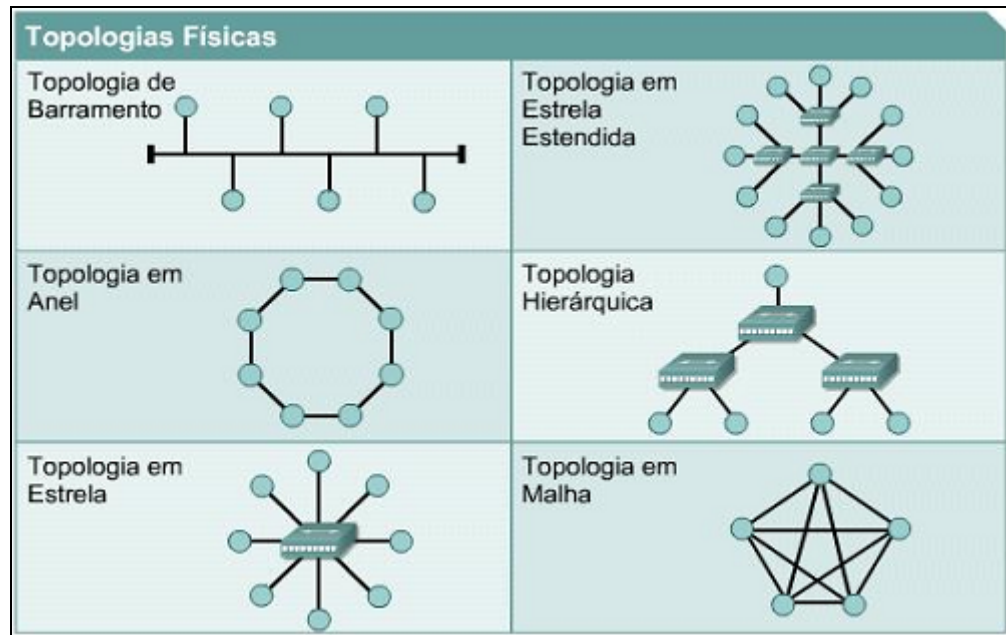


Figura 10: Topologias de Rede.

Fonte: Programa *Cisco Networking Academy*, CISCO 2005.

## 2.19 TIPOS DE REDES

As redes são classificadas dependendo da dispersão entre os terminais. Basicamente existem três tipos, a rede LAN (*Local Área Network*), MAN (*Metropolitan Área Network*) e a rede WAN (*Wide Área Network*).

LAN: São as redes privadas, usadas em empresas, pois se situam em uma área de extensão pequena, variando de metros até, no máximo, alguns quilômetros de extensão. Utilizadas principalmente para compartilhar equipamentos, recursos ou comunicação entre os usuários.

MAN: Denominação dada às redes que abrangem uma cidade. Este tipo, é a junção de várias redes locais.

WAN: Pode ser considerada uma rede geograficamente distribuída ou WAN, a união de várias MANs, espalhadas por estados, países ou continentes. A Internet pode ser considerada como deste tipo de rede.

## 2.20 PROTOCOLOS

Segundo Tanenbaum (2003, p29), protocolo é “um conjunto de regras que controle o formato e o significado dos pacotes ou mensagens que são trocadas pelas entidades pares contidas em uma camada.” Essas entidades utilizam protocolos com a finalidade de implementar suas definições de serviço, elas tem a liberdade de trocar seus protocolos, desde que não alterem o serviço visível para seus usuários.

Para se montar a maioria das redes, é necessária uma pilha de camadas ou níveis, colocadas umas sobre as outras. Nem todas as redes possuem o mesmo numero de camadas, nome, conteúdo ou função, porém em todas elas, as camadas superiores recebem determinados serviços das camadas inferiores, que não passam a elas quaisquer detalhes da implementação dos recursos (TANENBAUM, 2003).

Para Comer (2007, p243) os protocolos são “necessários, pois para todos os envolvidos em uma comunicação, deve-se estabelecer um conjunto de regras, para que as duas partes sejam entendidas, tanto quem envia a informação quanto quem recebe a mesma”.

Um conjunto de camadas e protocolos é chamado de arquitetura de rede. Para Tanenbaum (2003, p30) a especificação de uma arquitetura deve conter:

informações suficientes para permitir que um implementador desenvolva o programa ou construa o hardware de cada camada, de forma que ela obedeça corretamente ao protocolo adequado. Nem os detalhes de implementação nem a especificação das interfaces pertencem à arquitetura, pois tudo fica oculto dentro das máquinas e não é visível do exterior.

## 2.21 ARQUITETURA OSI

O modelo OSI (*Open Systems Interconnection*) foi criado pela ISO (*International Standards Organization*), com o intuito de padronizar os protocolos exigidos para a comunicação entre os sistemas. A Figura 11 ilustra o modelo OSI, contendo as diferentes camadas e protocolos nelas empregados.

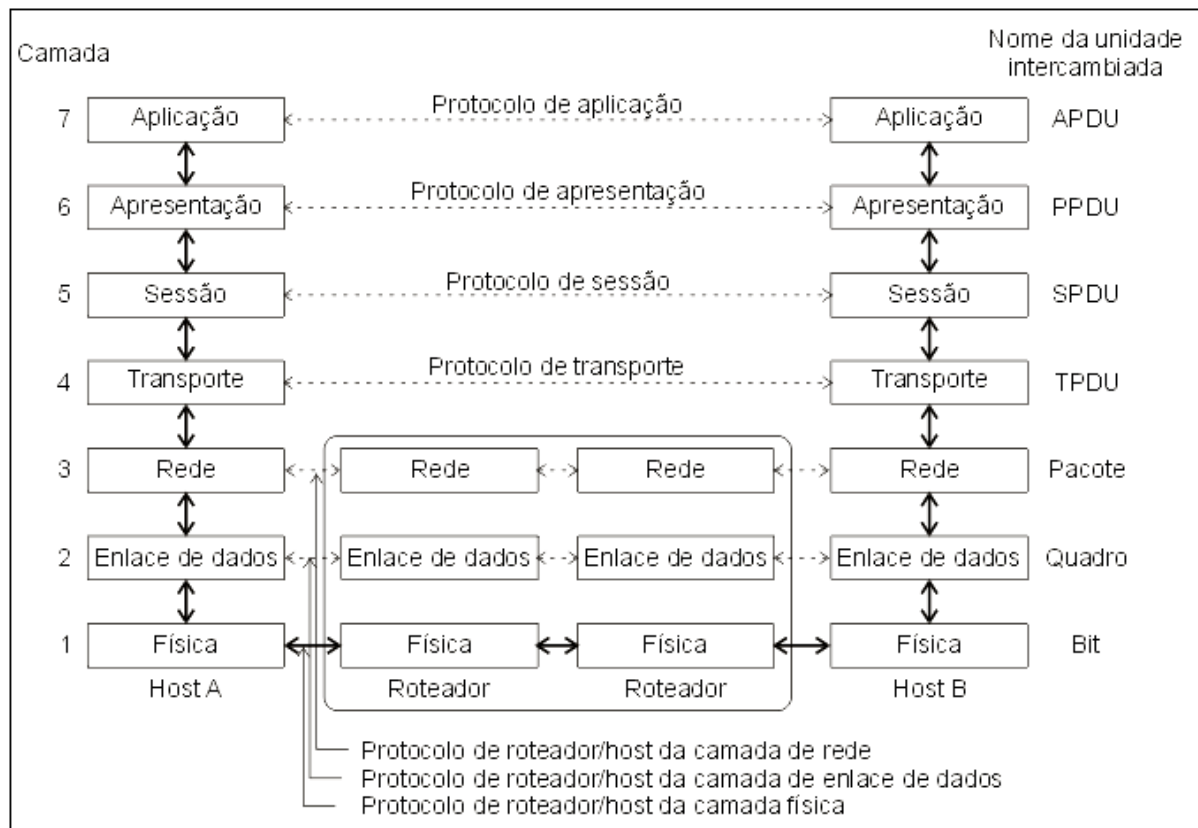


Figura 11: Modelo de referência OSI.

Fonte: Adaptado de Tanenbaum, 2003, p. 41.

Conforme figura 11, o modelo OSI apresenta sete camadas: aplicação, apresentação, sessão, transporte, rede, enlace de dados e física. Abaixo segue a descrição das funções de cada uma das camadas.

**Camada Física:** As interfaces mecânicas, elétricas e de sincronização fazem parte desta camada. É responsável pela transmissão dos sinais ou bits, através de um meio.

**Camada de enlace de dados:** Tem a função de fazer com que o meio de transmissão fique livre de erros, não detectados pela camada física. É a camada de enlace de dados que divide os dados, a serem enviados, em quadros de dados. O destinatário ao receber estes, manda de volta o quadro de confirmação.

**Camada de rede:** A principal função da camada de rede é controlar endereços, caminhos e destinos dos pacotes que trafegam na rede. O roteamento dos pacotes pode ser feito por meio de tabelas estáticas (possuem caminhos fixos), e as tabelas dinâmicas, que pode determinam o caminho a cada pacote, procurando o trajeto de menor tempo ou tráfego. Também, é esta camada que permitir a

comunicação para outra camada de rede, que tenha um protocolo diferente, ou que não aceite os pacotes por qualquer motivo.

**Camada de transporte:** A principal tarefa desta camada é fragmentar os dados recebidos pela camada superior, e garantir que estes cheguem corretamente no destino. Tem também a responsabilidade de determinar o serviço a ser fornecido à camada de sessão, ou para os usuários da rede. Segundo Tanenbaum (2003, p. 43) a camada de transporte é:

uma verdadeira camada fim a fim, que liga a origem ao destino. Em outras palavras, um programa da máquina de origem mantém uma conversação com o programa semelhante, instalado na máquina de destino, utilizando os cabeçalhos de mensagens e as mensagens de controle. Nas camadas inferiores, os protocolos são trocados entre cada uma das máquinas e seus vizinhos imediatos, e não entre as máquinas de origem e de destino, que podem estar separadas por muitos roteadores.

**Camada de sessão:** Tem com função estabelecer sessões, com sistemas remotos, e gerenciar segurança, como autenticação com *login* e senha.

**Camada de apresentação:** Esta camada é responsável por, como codificar os dados. Pois como os dados são representados diferentemente de máquina para máquina, se faz necessário uma tradução, para que a camada superior interprete da forma correta.

**Camada de aplicação:** Esta camada possui uma série de protocolos que especifica como um aplicativo irá usar a rede. Algumas aplicações que utilizam esta camada são, visualizadores de páginas da Internet, transferência de arquivos, correios eletrônicos, etc.

## 2.22 ARQUITETURA TCP/IP

Segundo Comer (2007, p. 265), com o advento da Internet, o modelo OSI se tornou ineficiente na tarefa de comunicação entre computadores geograficamente distribuídos, visto que uma camada inteira, destinada a protocolos de sessão não seria mais importante, pois cada computador se torna um Workstation pessoal.

Uma nova distribuição de camadas que se adaptasse às novas comunicações deveria ser criada, esta nova referência foi chamada TCP/IP, contendo, então, cinco camadas, como mostra a Figura 12.

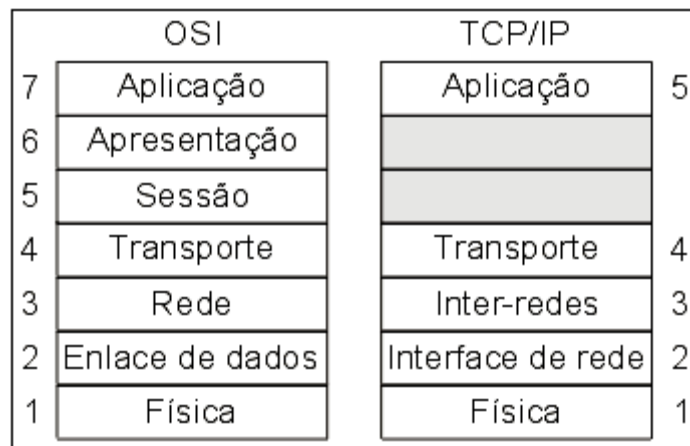


Figura 12: Modelo de referência TCP/IP.

Fonte: Adaptado de Comer (2007, p. 267) e Tanenbaum (2003, p. 46).

Uma definição de cada uma das camadas pode ser descrita abaixo, tendo como base Comer (2007, p. 266 e 267) e Tanenbaum (2003, p. 45 a 47):

**Camada Física:** Esta camada corresponde à camada física mostrada no modelo OSI, ou seja, a interligação física de duas, ou mais, máquinas, e o envio dos bits através de um meio.

**Camada de Interface de rede:** A principal funcionalidade desta camada é organizar os dados e enviá-los através de quadros através da rede, da mesma forma que a camada de Enlace de dados, usado no modelo OSI.

**Camada de Inter-redes:** A expressão Inter-redes é usada de forma genérica, pois está presente na Internet, ou seja, interligação de redes amplamente distribuídas. A tarefa desta camada, é fazer com que os pacotes enviados pelos hosts, trafeguem em qualquer rede, de forma independente até o destino. Ou seja, os pacotes poderão até mesmo chegar em ordem diferente da enviada, cabendo às camadas superiores a organizá-los, caso seja necessário.

**Camada de Transporte:** A função desta camada é permitir que permaneça uma conversa entre hosts de origem e destino. É dividido em dois protocolos distintos do tipo “fim-a-fim”:

**TCP:** é voltado a conexões confiáveis, onde a informação total não deve conter erros. Este protocolo fragmenta os dados a serem enviados, em mensagens, e as envia à camada de inter-rede, que ao serem entregas ao destino, são montadas pelo TCP receptor. O controle de fluxo também é feito pelo TCP.

UDP: por se tratar de uma transmissão não confiável, é orientado a aplicações diretas ou consultas, onde a resposta imediata é mais importante que a entrega sem erros. É amplamente utilizado nas transmissões de dados de voz e vídeo, uma vez que não necessitam de conexão, tão pouco controle de fluxo ou manutenção da seqüência das mensagens enviadas, são as próprias aplicações que fornecerão esses recursos.

Camada de Aplicação: Ao se comprovar que as camadas de sessão e apresentação, eram pouco usadas, ou desnecessárias, acabaram por serem abolidas no modelo TCP/IP, que passou os protocolos de níveis superiores para a camada de aplicação. Nesta camada encontramos os protocolos vastamente utilizados atualmente na Internet, por exemplo, o FTP (transferência de arquivos), que promove a movimentação de dados entre máquinas, o DNS que faz a ligação entre os nomes dos hosts e seus respectivos endereços IP, o HTTP usado para busca de páginas nos servidores World Wide Web, e muitos mais.

### 2.23 PROTOCOLO UDP

O Protocolo de Usuário do Datagrama (*User Datagram Protocol*) segundo Tanenbaum (2003, p. 559), “oferece um meio para as aplicações enviarem datagramas IP encapsulados sem que seja necessário estabelecer uma conexão”.

O UDP transmite segmentos que consistem em um cabeçalho de 8 bytes, seguidos da carga útil, conforme Figura 13.

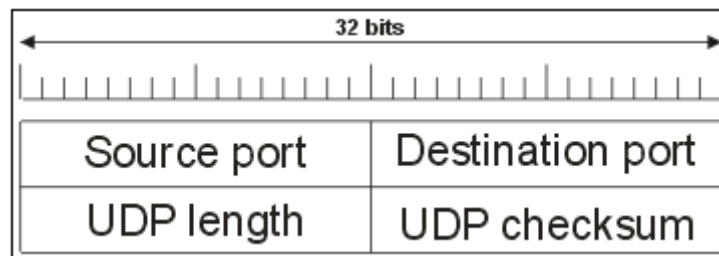


Figura 13: Cabeçalho UDP.

Fonte: Adaptado de Tanenbaum, 2003, p. 559.

Segundo Tanenbaum (2003, p. 559) a porta de origem é usada principalmente quando uma resposta deve ser devolvida à origem. Copiando o



campo *Source Port* do segmento de entrada no campo *Destination Port* do segmento de saída, o processo que transmite a resposta pode especificar qual processo na máquina transmissora deve recebê-lo.

O campo *UDP length* inclui o cabeçalho de 8 bytes e os de dados. O campo *UDP checksum* é opcional e armazenado como 0 se não for calculado (um valor 0 verdadeiro calculado é armazenado com todos os bits iguais a 1). É tolice desativá-lo, a menos que a qualidade dos dados não tenha importância (por exemplo, no caso da voz digitalizada).

O UDP não realiza controle de fluxo, controle de erros ou retransmissão após a recepção de um segmento incorreto. Tudo isso cabe aos processos do usuário. O que ele faz é fornecer uma interface para o protocolo IP com o recurso adicional de demultiplexação de vários processos que utilizam as portas. Isso é tudo o que ele faz. Para aplicações que precisam ter controle preciso sobre o fluxo de pacotes, o controle de erros ou a sincronização, o UDP fornece apenas aquilo que é determinado. (TANENBAUM, 2003).

### 2.23.1 Mensagem UDP

Segundo Comer (2007, p. 341), o UDP é uma interface voltada à mensagem, ele não as divide em pacotes e não as combinam para entrega, as mensagens que um aplicativo gera, são simplesmente transportadas através da Internet e entregue ao receptor.

A interface orientada à mensagem tem diversas consequências importantes para os programadores. Pelo lado positivo, os aplicativos que usam UDP podem depender do protocolo para preservar os limites dos dados. Pelo lado negativo, cada mensagem de UDP precisa caber em um único datagrama de IP. Por isso, o tamanho do datagrama de IP forma um limite absoluto no tamanho de uma mensagem de UDP. Mais importante, o tamanho de mensagens do UDP pode levar ao uso ineficiente da rede subjacente. Se um aplicativo envia mensagens extremamente pequenas, o datagrama resultante terá uma alta proporção de octetos do cabeçalho em relação aos octetos dos dados. Se um aplicativo envia mensagens extremamente grandes, os datagramas resultantes serão maiores do que o MTU da rede e, portanto, serão fragmentados. (COMER, 2007).

Para que o UDP envie uma mensagem e essa seja recebida pelo destinatário, é necessária a criação de identificadores, chamados portas de protocolos.

Cada computador que implementa o UDP precisa fornecer um mapa entre os números de portas de protocolos e os identificadores de programas que o sistema operacional usa. Por exemplo, o padrão UDP define o número de porta de protocolo 7 como porta para um aplicativo de eco, e o número de porta 37 como a porta para um aplicativo *time-server*. Todos os computadores rodando UDP reconhecem os números de portas de protocolo padrão, independente do sistema operacional subjacente. Por isso, quando uma mensagem UDP chega para a porta 7, o software de protocolo UDP deve saber qual programa no computador implementa o serviço de eco e precisa passar a mensagem entrante esse programa. (COMER, 2007)

A especificação que um aplicativo dá para as portas de endereço e protocolo determina o tipo de comunicação. Para iniciar uma comunicação de 1-a-1, por exemplo, um aplicativo especifica o número de porta local, o endereço de IP remoto e o número de porta de protocolo remoto. O UDP passa somente as mensagens de aplicativos que chegam do transmissor especificado. Para iniciar uma comunicação muitos-a-muitos, o aplicativo identifica o número da porta local, mas informa o UDP de que o *endpoint* remoto pode ser qualquer sistema. O UDP então passa ao aplicativo todas as mensagens que chegam da porta especificada. Claro, o UDP permite que apenas um aplicativo especifique um determinado par de *endpoints* em um dado momento.

## 2.24 PROTOCOLO TCP

O TCP executa uma tarefa aparentemente impossível: usa o serviço de datagrama não confiável oferecido pelo IP quando enviando dados para outro computador, mas fornece um serviço confiável de entrega de dados para programas aplicativos. O TCP deve compensar a perda ou atraso em uma inter-rede para prover transferência eficiente de dados, sem sobrecarregar as redes e roteadores subjacentes. (COMER, 2007):

A confiabilidade é de responsabilidade de um protocolo de transporte; os aplicativos interagem com um serviço de transporte para enviar e receber dados. No suíte TCP/IP, o *Transmission Control Protocol* (TCP) fornece serviço de transporte

confiável. TCP é notável porque resolve bem um problema difícil – embora outros protocolos tenham sido criados, nenhum protocolo de transporte de propósito geral provou funcionar melhor. Conseqüentemente, a maioria dos aplicativos de inter-rede são construídos para usar o TCP.

Para um programa aplicativo, o serviço oferecido pelo TCP possui sete características, segundo Comer (2007, p. 348):

- Orientada a conexão: o TCP fornece serviço orientado à conexão, onde um aplicativo deve primeiro estabelecer uma conexão, para então transferir dados.
- Comunicação ponto-a-ponto: o TCP possui exatamente duas extremidades.
- Confiabilidade completa: o TCP garante o envio e entrega dos dados enviados na mesma ordem que foram gerados, e sem perdas.
- Comunicação *Full Duplex*: a conexão TCP permite a transmissão de dados nas duas direções, facilitando que um aplicativo envie dados a qualquer hora.
- Interface de *stream*: o TCP permite que um aplicativo envie uma seqüência contínua de bytes, não necessariamente entregues em fragmentos do mesmo tamanho que foram gerados pelos aplicativos.
- Partida de conexão confiável: o TCP exige que aplicativos criem conexões em acordo, onde os pacotes duplicados usados em conexões anteriores não sejam usados.
- Desligamento de conexão graciosa: o TCP transmite todos os dados que foram gerados, antes de fechar a conexão com o outro ponto.

## 2.25 PROTOCOLO RTP E RTCP

Com a difusão massiva da Internet, algumas aplicações começaram a ganhar espaço nas preferências e necessidades dos usuários, como a multimídia em tempo real. Para Tanenbaum (2003, p. 563), à medida que se usava mais os rádios pela Internet, música por demanda, videoconferência, telefonia sobre a Internet, etc, as pessoas descobriram que os aplicativos estavam criando algo parecido com um protocolo em tempo real, foi então criado o RTP (*Real-time Transport Protocol*).

Foi definido que o RTP fosse inserido no espaço do usuário, e que seja normalmente executado sobre o UDP. Para Tanenbaum (2003, p. 563), o funcionamento do RTP poderia ser descrito da seguinte forma:

A aplicação de multimídia consiste em vários fluxos de áudio, vídeo, texto e possivelmente outros fluxos. Esses fluxos são armazenados na biblioteca RTP, que se encontra no espaço do usuário, juntamente com a aplicação. Essa biblioteca efetua a multiplexação dos fluxos e os codifica em pacotes RTP, que são então colocados em um soquete, na outra extremidade do soquete (no núcleo do sistema operacional), os pacotes UDP são gerados e incorporados a pacotes IP. Se o computador estiver em uma rede Ethernet, os pacotes IP serão inseridos em quadros Ethernet para transmissão.

A Figura 14 mostra a pilha de protocolos ligados ao RTP, e aninhamento de pacotes.

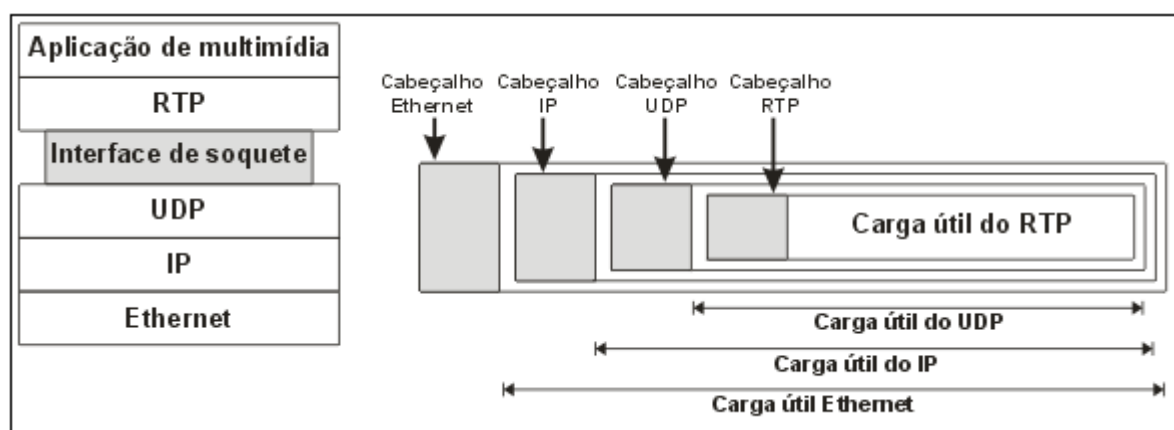


Figura 14: Posição do RTP na pilha de protocolos e aninhamento de pacotes.

Fonte: Adaptado de Tanenbaum, 2003, p. 563.

Segundo Tanenbaum (2003, p. 264) a função do RTP é multiplexar diversos fluxos de dados de tempo real sobre um único fluxo de pacotes UDP. O fluxo UDP pode ser enviado a um único destino (unidifusão) ou a vários destinos (multidifusão). Como o RTP utiliza simplesmente o UDP normal, seus pacotes não são tratados de maneira especial pelos roteadores, a menos que alguns recursos de qualidade de serviço normais do IP estejam ativos. Em particular, não há nenhuma garantia especial sobre entrega, flutuação, etc.

Cada pacote enviado em um fluxo RTP recebe um número uma unidade maior que seu predecessor. Essa numeração permite ao destino descobrir se algum

pacote está faltando. Se um pacote for omitido, a melhor ação que o destino deve executar é fazer a aproximação do valor que falta por interpolação. A retransmissão não é uma opção prática, pois o pacote retransmitido provavelmente chegaria tarde demais para ser útil. Como consequência, o RTP não tem nenhum controle de fluxo, nenhum controle de erros, nenhuma confirmação e nenhum mecanismo para solicitar retransmissões. (TANENBAUM, 2003)

Já o protocolo RTCP, definido através da recomendação RFC 1889 do IETF, é baseado no envio periódico de pacotes de controle a todos os participantes da conexão ou chamada, usando o mesmo mecanismo de distribuição dos pacotes de mídia (Voz). Desta forma, com um controle mínimo é feita a transmissão de dados em tempo real usando o suporte dos pacotes UDP (para Voz e controle) da rede IP. (HUBER, 2008)

## 2.26 FRAME RELAY

Segundo Bernal Filho (2003), o Frame Relay é uma comunicação de dados de alta velocidade usada para interligar aplicações do tipo LAN, SNA, Internet e Voz. Esta comunicação fornece um meio para transmissão de informações através de uma rede de dados, dividindo essas informações em frames (quadros) ou *pachets* (pacotes). Estes frames carregam o endereço que determinam o destino da mensagem.

Uma rede Frame Relay é composta por:

- Equipamentos de usuários (PC's, estações de trabalho, servidores, etc.) e suas aplicações;
- Equipamentos de acesso com interface Frame Relay (*bridges*, roteadores de acesso, etc.);
- Equipamentos de rede (switches, equipamentos de transmissão T1 ou E1, etc.)

O Frame Relay utiliza circuitos virtuais para conexão, que são circuitos de dados virtuais bidirecionais, entre duas portas da rede, que simula um circuito dedicado, e podem ser classificados em duas formas:

*Permanent Virtual Circuit* (PVC): este circuito virtual é programado pelo operador da rede através da Gerência da Rede, que utiliza as portas de modo fixo,

sem alterações desde sua implementação. Exigem muito planejamento em torno do tráfego da rede e banda utilizável. Porém suas rotas podem ser alteradas conforme reprogramação.

*Switched Virtual Circuit (SVC)*: este circuito, bem mais flexível, executa uma tarefa semelhante à da telefonia, quando um aplicativo especifica o destino, ocorre à ligação dinâmica entre eles, permanecendo até finalizar a requisição. Analisando como um todo, este sistema se torna mais vantajoso que o PVC, pois as conexões são feitas de acordo com o pedido e demanda.

Para que a rede Frame Relay seja eficiente, dois requisitos devem ser atendidos:

Os aplicativos nos equipamentos do usuário devem utilizar protocolos inteligentes, para controle do fluxo das informações enviadas e recebidas;

Virtualmente, a rede de transporte deve ser a prova de falhas; (BERNAL FILHO, 2003)

## 2.27 MPLS

Segundo Couto Inácio (2002) o MPLS é uma solução que possibilita melhorar a velocidade de encaminhamento dos pacotes pela rede, mas agora está sendo considerada uma tecnologia de grande importância que oferece novas potencialidades, principalmente em redes IP. Engenharia de Tráfego, que representa a habilidade de operadores de rede de ditar o trajeto pelo qual o tráfego segue, e suporte a VPN são exemplos de duas aplicações chaves onde o MPLS possui grande destaque.

No MPLS, os pacotes IP são encapsulados, através do uso de etiquetas, pelos dispositivos que se encontram na entrada da rede. O roteador de borda do MPLS analisa os índices do cabeçalho IP e seleciona uma etiqueta apropriada com que o pacote será encapsulado. Grande parte do poder do MPLS vem do fato que, em contraste ao roteamento tradicional IP, esta análise pode ser baseada não apenas no endereço de destino que ele carrega dentro do cabeçalho, mas também pelo QoS requerido. Em todos os nós subsequentes dentro da rede MPLS, a etiqueta é utilizada pelos roteadores para realizar a decisão de encaminhamento dos pacotes na rede. Em nenhum momento os roteadores pertencentes ao núcleo da

rede analisam o cabeçalho IP. Finalmente, à medida que os pacotes deixam a rede, as etiquetas são retiradas pelo roteadores de borda da rede. (COUTO INÁCIO, 2002)

A Qualidade de Serviço (QoS) é o fator de diferenciação entre o MPLS e o Frame Relay, o que definiria QoS nesta situação é:

A qualidade de serviço em roteamento é a habilidade de escolher o caminho para que um fluxo de tráfego tenha o nível de serviço aceitável. Estes níveis de serviço podem especificar níveis adequados de banda, atrasos ou perda de pacotes na rede. Esta característica agrega inteligência para administrar níveis de serviço diferentes de acordo com as políticas da rede.

A habilitação de recursos para um nível de qualidade de serviço desejado requer, na maioria das vezes, rotas explícitas. Pode existir a necessidade de designar uma rota específica para um fluxo de dados que exige uma banda mínima. Entretanto, é possível que as necessidades de usuários em uma rede resultem na utilização combinada (por recursos independentes) da banda de um enlace que exceda a capacidade existente. Esta possibilidade de utilização de recursos da rede requer um nível de granularidade de informações superior ao que pode ser obtido pela engenharia de tráfego tradicional. (COUTO INÁCIO, 2002)

Em ambientes MPLS, o tratamento da Qualidade de Serviço para o roteamento é administrado de duas formas:

- O rótulo MPLS (*label*) contém informações sobre a Classe de Serviço (CoS). Na medida em que o tráfego flui na rede, esta informação é utilizada para priorizar o tráfego em cada nó (*hop*).
- A rede MPLS pode estabelecer múltiplos caminhos entre equipamentos de entrada e saída. Para cada fluxo de informações é estabelecido um nível de serviço apropriado, e o tráfego é direcionado para o caminho adequado quando entra na rede.

Estes procedimentos classificam pacotes em categorias de classes de serviço e as políticas de administração, nas redes locais, determinam os recursos disponíveis para cada categoria.

## 2.28 TELEFONIA IP

É um sistema avançado de comunicação empresarial, que utiliza o Protocolo de Internet (IP) como meio de transporte. Permite criar um sistema telefônico com todas as funções de um PABX tradicional e agrega novas funcionalidades como: integração de aplicações via XML, distribuição inteligente de força de trabalho, automação da administração, mobilidade, vídeotelefonia, etc (CISCO, 2008).

A idéia básica por trás da telefonia IP é fazer amostra contínua de áudio, converter cada amostra para forma digital, enviar a cadeia digitalizada resultante através de uma rede IP em pacotes e converter de volta a cadeia digitalizada para a forma auditiva. Isto significa que a telefonia IP pode ser aplicada, pelo menos a princípio, em qualquer rede de dados que utilize o IP. Contudo muitos detalhes complicam essa tarefa. Para transmissão de voz, o sistema deve manipular o estabelecimento da chamada quando o usuário disca os números do telefone, o sistema deve traduzi-los em um endereço IP e localizar o telefone especificado. Quando uma chamada começa, o telefone chamado deve aceitá-la e respondê-la, da mesma forma, quando a chamada termina, as duas partes devem concordar em como a comunicação será terminada (CISCO, 2008).

A complicação mais significativa acontece porque a telefonia IP deve ser compatível com o sistema público de telefonia existente *Public Switched Telephone Network* (PSTN). Isto é, em vez de restringir chamadas para telefones IP, mecanismos têm sido projetados para permitir que o usuário que fez a chamada, ou que é chamado, use qualquer telefone, incluindo uma localização internacional ou uma conexão por celular. Desta forma, um sistema de telefonia IP deve estar preparado para manusear chamadas originadas pela rede PSTN e destinadas a telefones IP, ou vice-versa (CISCO, 2008). Os usuários esperam um sistema de telefonia IP capaz de fornecer os serviços de telefonia existentes, como redirecionamento de chamadas, espera de chamadas, mensagens por voz, chamadas para conferência e identificação de chamadas.

Nas redes tradicionais de telefonia (PSTN), um circuito fim-a-fim é estabelecido entre dois telefones durante toda a duração da ligação. Enquanto o circuito existir, a banda passante (64 kbps) estará reservada para ele, inclusive nos períodos de silêncio.



Na telefonia IP, o sinal de voz é digitalizado, comprimido e convertido em pacotes IP, que são transmitidos sobre a rede IP, compartilhando a banda passante com outros pacotes de dados. Uma ligação telefônica normal é conectada através de um circuito fim-a-fim com uma banda passante fixa. Com a telefonia IP, um “pacote de voz” compartilha o mesmo meio com vários outros pacotes.

#### 2.28.1 Sistema de telefonia IP Cisco

O sistema de telefonia IP da Cisco é composto basicamente por terminais telefônicos (*IP Phones* ou *SoftPhones*), agentes de processamento de chamadas (*Cisco Unified Communications Manager*) e gateways de voz (*Integrated Services Routers*).

Terminais Telefônicos: são dispositivos usados pelos usuários para suas necessidades de comunicação, podendo ser aparelhos de mesa ou aplicações de software portadas em microcomputadores pessoais (PC) dando à solução uma mobilidade sem precedentes para a telefonia convencional. Estes terminais telefônicos levam o nome de *SoftPhone*. Os terminais telefônicos IP se conectam com a rede de comunicações através de uma conexão Ethernet convencional. Os terminais telefônicos ou simplesmente telefones IP tem todas as funcionalidades que possamos esperar de um aparelho telefônico digital, além de se poder realizar funções muito mais sofisticadas como acessar uma página Web a partir deles (CISCO, 2008).



Figura 15: Telefone IP Cisco.

Fonte: Cisco, 2008.

Agentes de processamento de chamadas: no coração de um sistema de telefonia IP está o processamento de chamadas, ele é o agente que processa todas as chamadas telefônicas e que distribui todas as funcionalidades e possibilidades da telefonia IP para os demais dispositivos que compõem a rede telefônica. Estes dispositivos periféricos complementam e agregam a solução funcionalidades de gateways de voz para a rede pública e para os sistemas de telefonia tradicional (CISCO, 2008).

Gateways de voz: responsáveis pela interconexão da telefonia IP com a rede pública de telefonia. Os gateways de voz permitem que as ligações telefônicas entrem e saiam da corporação e ainda que o sistema de telefonia IP se interligue com PABXs convencionais e correios de voz legados (CISCO, 2008).



Figura 16: Roteador Cisco (esquerda 2801, direita 2821).

Fonte: Cisco, 2008.

O principal interesse atual na telefonia IP é gerado, principalmente, pela promessa de redução de custo. Equipamentos que suportam transmissão de pacotes (*IP Routers*) custam muito menos do que os equipamentos de *switching* de telefonia tradicional. Além disso, existe uma única infra-estrutura integrada que suporta várias formas de comunicação, reduzindo dessa forma a quantidade de equipamentos necessários, facilitando a manutenção e gerenciamento dos mesmos.

O objetivo imediato da comunicações IP é reproduzir as capacidades da rede telefônica com um custo de operação reduzido e oferecer uma alternativa tecnicamente competitiva às redes PSTN. A combinação de telefonia IP com novas aplicações é a promessa desta tecnologia a longo prazo.

### 2.28.2 Qualidade de Serviços (QoS)

Qualidade de Serviços se refere à capacidade de a rede prover tratamento diferenciado para aplicações e serviços específicos. Existem três fatores que determinam a qualidade na transmissão: *Delay*, *Jitter* e perda de pacotes (CISCO, 2004).

- Atraso ou *Delay*: é o tempo que o pacote leva para chegar até o destino.
- Variação do *Delay* ou *Jitter*: é a diferença fim-a-fim entre os pacotes. Por exemplo, se um pacote demora 100ms para chegar ao destino e o próximo pacote demora 125ms a variação do *Delay* (*Jitter*) é 25ms.
- Perda de pacotes: é uma medida relativa referente ao número de pacotes recebidos comparado com o total de pacotes enviados.

O objetivo da Qualidade de Serviços é categorizar o tráfego e aplicar políticas de acordo com o tráfego, priorizando aplicações sensíveis a variação do *Delay* como voz, garantindo que nenhuma outra aplicação prejudique o funcionamento de determinados serviços.

Basicamente existe três categorias de QoS sendo apresentadas abaixo: (CISCO, 2004)

- *Best-Effort*: não prove QoS, pois não reordena os pacotes e nem aplica nenhuma ferramenta para gerenciamento de filas. Desta forma opera utilizando o conceito de FIFO (*First-In First-Out*).
- *Integrated Services (IntServ)*: também conhecido como Serviços Integrados, esse modelo baseia-se na reserva de recursos como banda possibilitando a implementação de serviços como CAC (*Call Admission Control*) implementando protocolos como o RSVP (*Resource Reservation Protocol*) para reserva de recurso.
- *Differentiated Services (DiffServ)*: esse modelo baseia-se no conceito da diferenciação de múltiplos tipos de tráfego. Especificamente, os pacotes são “marcados” e os roteadores e *switches* podem tomar decisões (por exemplo, *dropping* ou encaminhe o pacote) baseadas nessas marcações.

O modelo *DiffServ* utiliza o campo ToS (*Type of Service*) no cabeçalho IP para marcação do pacote. Você pode marcar o pacote utilizando os três primeiros bits do campo ToS (*IP Precedence*) ou usando seis bits (DSCP), conforme figura 17: (CISCO, 2004)

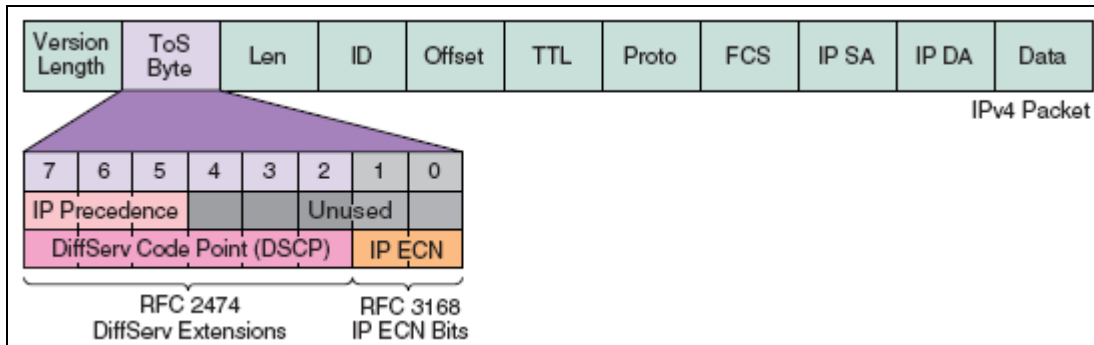


Figura 17: Campo ToS cabeçalho do protocolo IPv4.

Fonte: Cisco *Quality of Service Design Overview*, 2004 p.5.

A marcação pode ser feita na camada 2 ou na camada 3 usando um dos recursos abaixo: (CISCO, 2004, p.4)

- 802.1Q/p *Class of Service* (CoS) - frames Ethernet podem ser marcados na camada 2 com sua importância relativa usando 802.1p *User Priority* bits do cabeçalho 802.1Q. Somente 3 bits estão disponíveis para marcação 802.1p. Portanto, somente 8 classes de serviços podem ser marcadas usando frames Ethernet de camada 2.
- IP *Type of Service* (ToS) *byte* - como as informações L2 mudam à medida que o pacote muda de rede, uma marcação L3 é necessária. O segundo *byte* em um pacote Ipv4 é o ToS *byte*. Os 3 primeiros bits do ToS *byte* são os IPP (*IP Precedence*) bits. Estes três bits combinados com os próximos 3 bits são conhecidos respectivamente como DSCP bit.

Os *IP Precedence bits*, assim como 802.1p *Cós bits*, permitem somente 8 valores para marcação (0-7):

- Valores IPP 6 e 7 são geralmente reservados para controle de tráfego e roteamento
- Valores IPP 5 são recomendados para voz
- Valores IPP 4 são utilizados para videoconferência e fluxo de vídeo streaming.

- Valores IPP 3 são para controle de voz (sinalização)
- Valores IPP 1 e 2 podem ser usados para aplicações
- Valores IPP 0 é o valor default de marcação.
- DSCPs e *Per-Hop Behaviors* (PHBs) – os valores do campo DSCP podem ser expressos na forma numérica ou por nomes especiais baseado no padrão chamado *Per-Hop Behaviors*. Existe quatro classes: *Best Effort* (BE ou DSCP 0), RFC 2474 *Class Selectors* (CS1-CS7 compatível com valores do IPP 1-7), RFC 2597 *Assured Forwarding* PHBs (AFxy), e RFC 3268 *Expedited Forwarding* (EF).

Abaixo segue o conjunto de ferramentas de QoS utilizado nos equipamentos da Cisco:

- Classificação: é um processo de “divisão” do tráfego em diferentes categorias. Múltiplas características podem ser usadas para classificação, por exemplo, tráfegos POP3, IMAP e SMTP podem ser agrupados na classe “EMAIL”.
- Marcação: nessa etapa ocorre a alteração dos bits (por exemplo, os bits do campo ToS).
- Gerenciamento de congestionamento: esse termo refere-se às filas ou *queuing*. Algoritmos como *priority queuing* (PQ), *custom queuing* (CQ), *weighted fair queuing* (WFQ) e *class-based weighted fair queuing* (CBWFQ) são utilizados para gerenciar o congestionamento.
- Prevenindo congestionamento: se uma fila da interface de saída estourar a sua capacidade, quando esta receber novos pacotes eles serão descartados independentemente da marcação, sendo conhecido como *tail-dropped*. Para prevenir esse problema a Cisco utiliza uma técnica de prevenção de congestionamento chamada de *Weighted Random Early Detection* (WRED). Após a fila ser configurada com níveis, mínimo e máximo *threshold*, o WRED introduz a possibilidade de descartar pacotes dependendo da sua marcação, reduzindo a probabilidade de um pacote com uma prioridade maior ser descartado de imediato.
- Policiamento e nivelamento: permite o gerenciamento da banda com limitação de taxa de acesso para determinados tipos de trafego.

Ouro ponto importante referente à QoS é o controle do estabelecimento de chamadas ou CAC (*Call Admission Control*). O *Call Admission Control* garante que a qualidade de serviço de voz seja preservada nas conexões da WAN e desvia automaticamente as chamadas para rotas alternativas da PSTN (rede comutada de telefonia pública) quando não há largura de banda suficiente disponível na WAN (CISCO, 2004).

### 3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

#### 3.1 LEVANTAMENTO DA TOPOLOGIA EXISTENTE

Com acompanhamento do responsável de TI da empresa em estudo, realizamos o levantamento de todos os equipamentos existentes na rede atual, tanto para os serviços de voz quanto para o de dados. Separamos as informações coletadas em três tabelas sendo a tabela 5 referente aos roteadores e a tabela 6 referente às centrais existentes.

Tabela 5: Tabela de roteadores.

<b>Localidade</b>	<b>Modelo Roteador Existente</b>
Curitiba	CISCO1750
Londrina	CISCO805
Joinville	CISCO805
Florianópolis	CICLADESPR1000
Porto Alegre	CISCO1750

Tabela 6: Tabela PABX.

<b>Localidade</b>	<b>Modelo Central Existente</b>
Curitiba	HICOM 150E
Londrina	INTELBRAS 95 digital
Joinville	HIPATH 1120
Florianópolis	INTELBRAS 95 digital
Porto Alegre	HICOM 3050

Como o objetivo do projeto é apresentar uma estrutura de telecomunicações totalmente IP, precisamos considerar nos custos do projeto a substituição dos atuais telefones analógicos por equipamentos IP, para isso realizamos o levantamento da quantidade de ramais que serão necessárias para cada localidade e representamos na tabela 7.

Tabela 7: Relação de ramais por localidade.

Localidade	Nº de ramais
Curitiba	68
Londrina	8
Joinville	7
Florianópolis	3
Porto Alegre	41

Após levantamento das informações, elaboramos o diagrama atual da rede de voz em estudo sendo representada na figura 18.

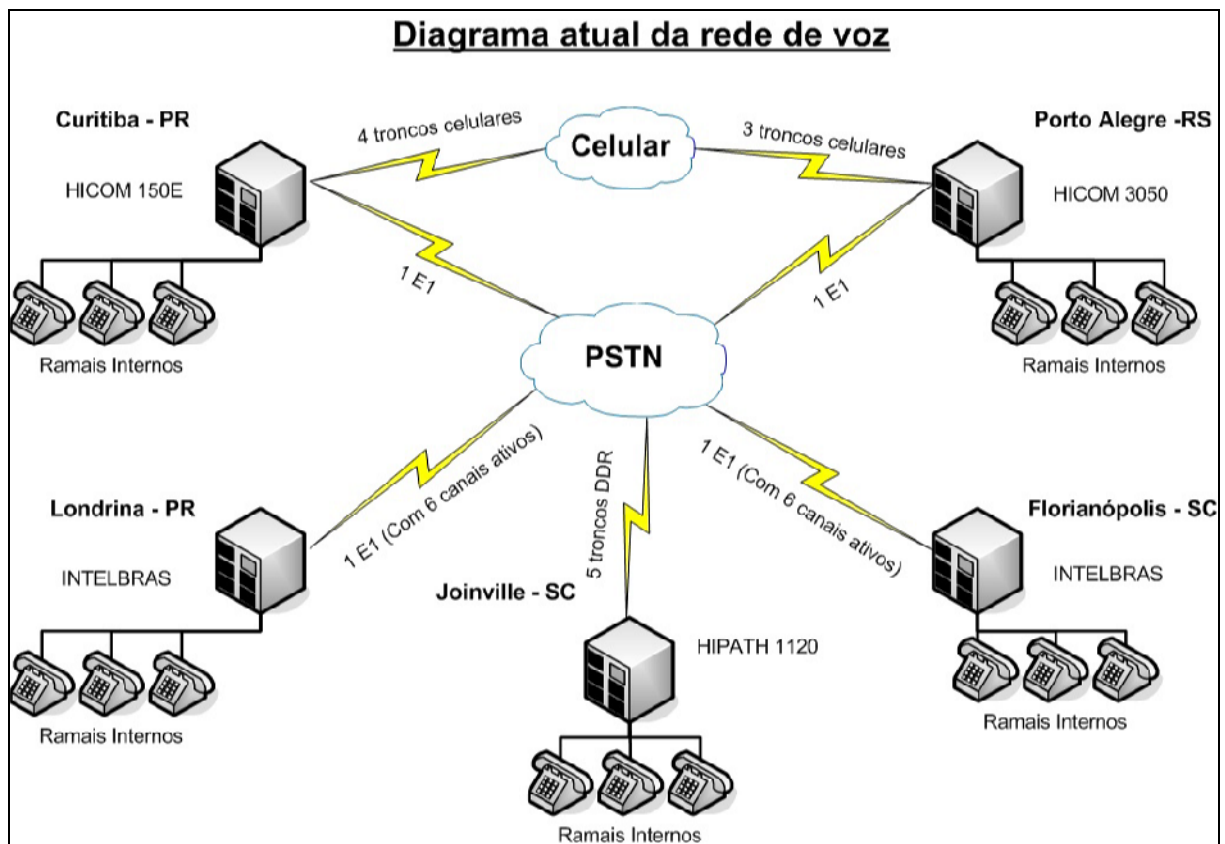


Figura 18: Diagrama Voz Atual.

O mesmo foi feito para a rede de dados sendo representada na figura 19 a rede de dados da empresa em estudo.



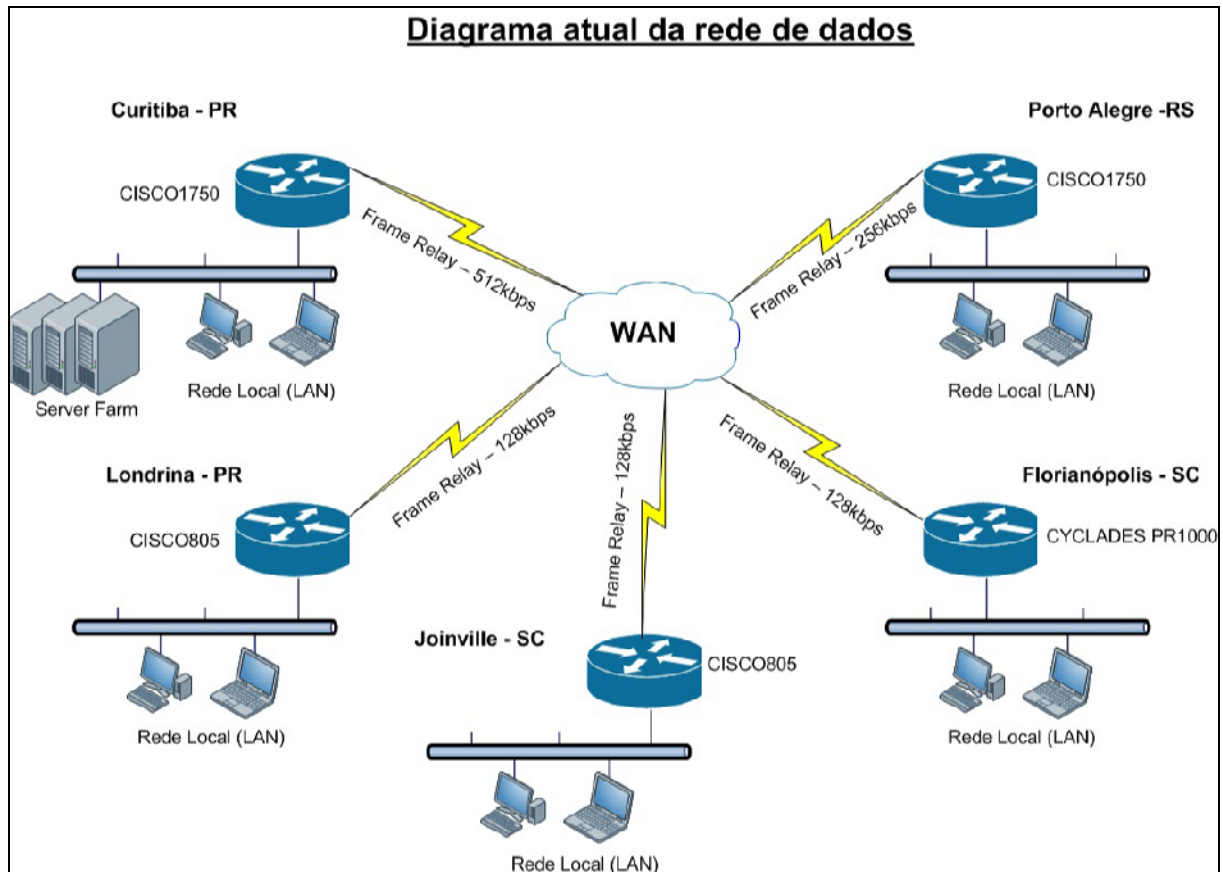


Figura 19: Diagrama Dados Atual.

Como podemos observar existem duas estruturas para comunicação sendo uma para voz e outra para dados.

### 3.1.1 Tráfego de dados

As informações referentes ao tráfego de dados foram disponibilizadas pela operadora que fornece os links, a amostragem foi realizada de trinta em trinta minutos nos links Frame Relay existentes conforme figura 20.

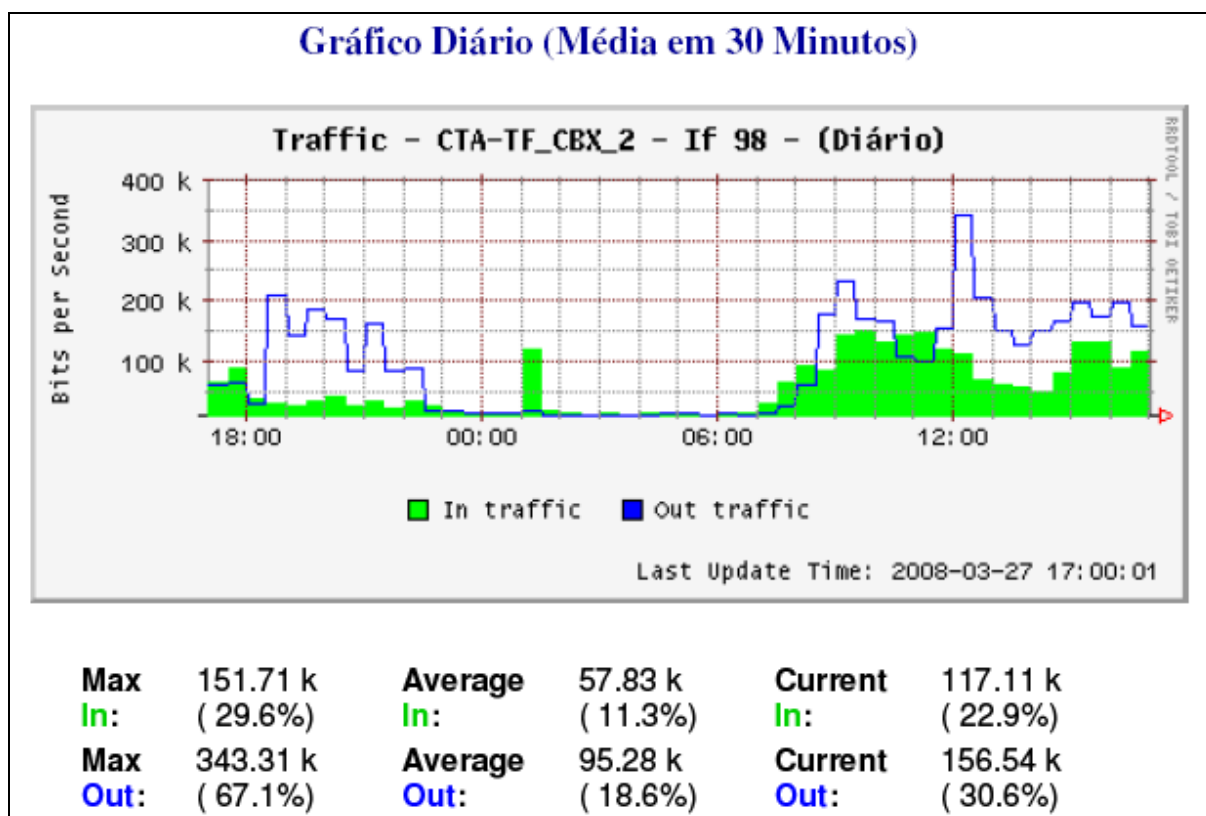


Figura 20: Tráfego de dados.

Fonte: Operadora Embratel.

Essas informações referentes ao tráfego de dados de todos os sites foram consolidadas e apresentadas na tabela 8.

Tabela 8: Tráfego de dados nos links WAN.

Localidade	Tráfego	Maximo diário (kbps)
Curitiba	Entrante	151,71
	Sainte	343,31
Londrina	Entrante	18,88
	Sainte	28,74
Joinville	Entrante	19,75
	Sainte	217,96
Florianópolis	Entrante	103,68
	Sainte	37,52
Porto Alegre	Entrante	239,99
	Sainte	132,85

Fonte: Operadora Embratel.

### 3.1.2 Tráfego de voz

A medição do tráfego de voz ocorreu nos entroncamentos corporativos (exceto Londrina, Joinville e Florianópolis onde a medição ocorreu nos entroncamentos DDR), sendo analisado em uma semana o pico do tráfego em erlangs na hora de maior movimento sendo apresentado na tabela 9.

Tabela 9: Tráfego de voz na hora de maior movimento.

Localidade	4/8/2008		5/8/2008		6/8/2008	
	HMM	Tráfego	HMM	Tráfego	HMM	Tráfego
Curitiba	10:30~11:30	8,12	10~11	9.45	15:30~16:30	11,8
Londrina	14~15	0,45	10:30~11:30	0,57	15:15~16:15	0,23
Joinville	09~10	0,65	13:30~14:30	0,41	10~11	0,68
Florianópolis	15:30~16:30	0,45	16~17	0,23	14~15	0,43
Porto Alegre	10:30~11:30	7,15	15:15~16:15	9,31	09~10	8,65
7/8/2008		8/8/2008			Pico em Erlang	
HMM	Tráfego	HMM	Tráfego			
10:30~11:30	13,2	16~17	7,5		13,2	
10:30~11:30	0,55	11~12	0,63		0,63	
14:15~15:15	0,59	9~10	0,61		0,68	
9~10	0,38	15:15~16:15	0,47		0,47	
16~17	11,6	10~11	8,95		11,6	

Fonte: Software Fatura Fácil Embratel.

Essas informações serão utilizadas para averiguar se o dimensionamento dos troncos de voz atende as necessidades da empresa em estudo.

### 3.2 PROJEÇÃO DA NOVA TOPOLOGIA

Com base nas informações colhidas referente ao tráfego de voz, foi possível verificar se o número de troncos existentes atende as necessidades atuais da empresa em estudo, sendo representado na tabela 10.

Tabela 10: Comparativo entre a quantidade de troncos necessários e existente.

<b>Localidade</b>	<b>Pico em Erlang</b>	<b>Perdas</b>	<b>Troncos Necessários</b>	<b>Troncos Existentes</b>
Curitiba	13,2	0,5%	23	30
Londrina	0,63	0,5%	4	6
Joinville	0,68	0,5%	4	5
Florianópolis	0,47	0,5%	4	6
Porto Alegre	11,6	0,5%	21	30

Como podemos observar, segundo a tabela de erlang (Anexo A) considerando 0,5% de perdas, o numero de canais de voz existentes para a rede de telefonia pública atende plenamente as necessidades da empresa em estudo.

Para a rede de dados existente, atualmente baseada na tecnologia Frame Relay, será necessária a substituição desses links pela tecnologia MPLS com reserva de banda para as aplicações de voz sobre IP (canais de voz) e priorização desses pacotes através de políticas de QoS.

Considerando que pela WAN será trafegada voz utilizando apenas o codec G.729 pela economia de banda proporcionada por este, utilizamos uma ferramenta da Cisco, conforme figura 21, para dimensionarmos do uso da banda por uma chamada VoIP.

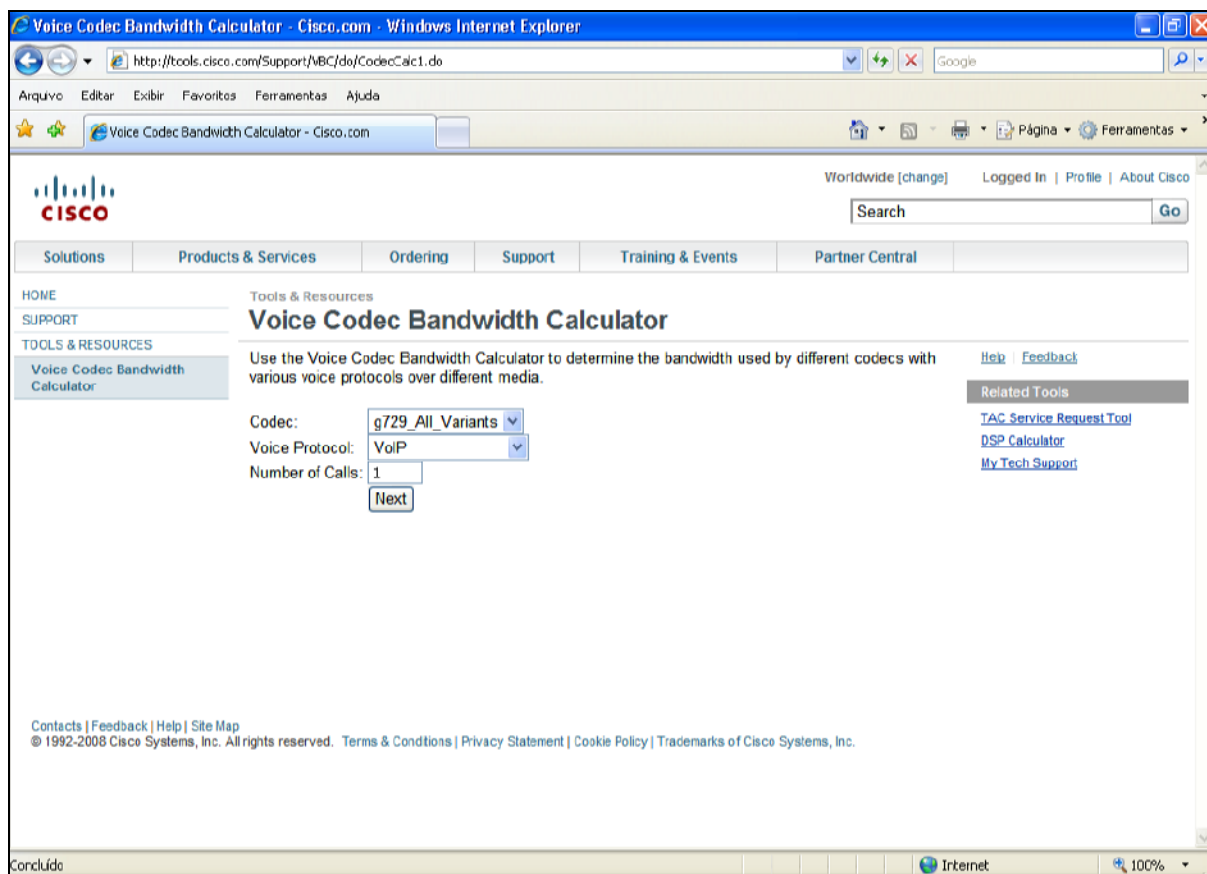


Figura 21: Ferramenta da Cisco Voice Codec Bandwidth Calculator, 1º passo.

Fonte: Disponível em <http://tools.cisco.com/Support/VBC/do/CodecCalc1.do> acesso em 03 de ago. de 2008.

Após escolhermos o codec, o protocolo de voz e o numero de chamadas, selecionamos o tamanho do pacote de voz, se vai ser necessária a compressão do cabeçalho e qual a mídia de acesso utilizada conforme figura 22.

Figura 22: Ferramenta da Cisco Voice Codec Bandwidth Calculator, 2º passo.

Fonte: Disponível em <http://tools.cisco.com/Support/VBC/do/CodecCalc1.do> acesso em 03 de ago. de 2008.

Na figura 23 representamos interligação do roteador Cisco com o modem da operadora, sendo necessária para dimensionamento da banda utilizada pela chamada de voz.

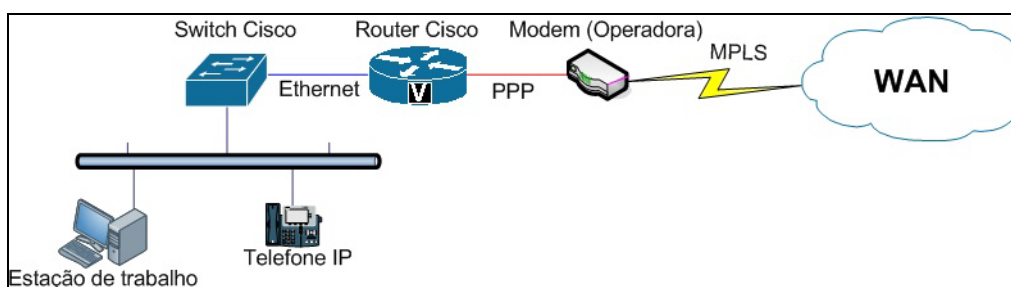


Figura 23: Interligação do roteador Cisco até o link de dados.

O resultado dessa ferramenta está apresentado no anexo B deste documento.

Os roteadores existentes não suportam módulos de voz (*Voice Interface Card*), sendo necessária a substituição desses equipamentos para implementação do projeto de telefonia.

Outro ponto que precisamos considerar no dimensionamento dos roteadores é a questão do suporte a *transcoding* (conversão de um codec para outro) e conferência para dimensionamento das DSP (*Digital Signal Processors*). Para isso utilizamos outra ferramenta da cisco o *DSP Calculator* (disponível em [http://www.cisco.com/cgi-bin/Support/DSP/cisco\\_prodsel.pl](http://www.cisco.com/cgi-bin/Support/DSP/cisco_prodsel.pl) acesso em 4 de agosto de 2008), nessa ferramenta montamos a configuração do roteador considerando os módulos de voz e dados. Para cada interface ou módulo, definimos quantos canais serão utilizados, quantas chamadas de conferência e sessões de *transcoding* serão suportadas pelo roteador. Como resultado temos o número de DSPs, ou PVDM (*Packet Voice DSP Module*) necessárias para aquela configuração conforme anexo C.

Os switches existentes possuem capacidade de trabalhar com VLANs diferenciadas para o tráfego de voz, além de suportarem funcionalidades de QoS para priorização e marcação do tráfego para posterior tratamento, dessa forma não será necessária a substituição desses equipamentos.

### 3.2.1 Recursos necessários

A figura 24 apresenta o diagrama da topologia proposta, convergindo voz e dados em uma plataforma única.

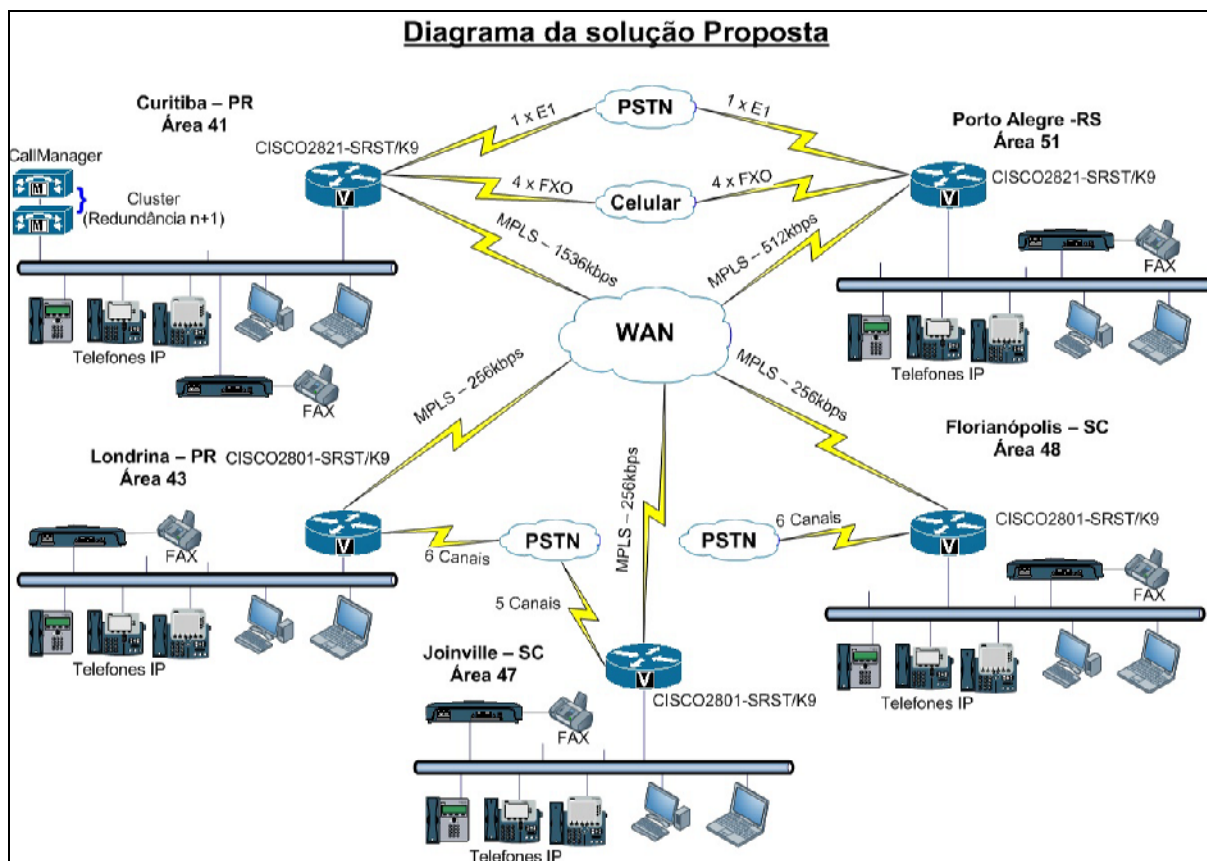


Figura 24: Diagrama proposto.

Os roteadores de todas as localidades deverão ser substituídos por roteadores Cisco da família ISR (*Integrated Services Routers*) 2800. Esses roteadores, com o auxílio do Cisco *Unified Communications Manager* ou *CallManager*, farão o papel das centrais analógicas atualmente instaladas, atuando como gateway para a rede de telefonia pública e a rede de dados (WAN).

O *CallManager* é um software responsável pelo processamento de chamadas de todo o sistema de telefonia IP da Cisco, este é instalado em um *Media Convergence Server* (MCS). Vários servidores (MCS) do *CallManager* podem ser colocados em clusters e gerenciados de uma única entidade em uma rede IP, sendo um recurso exclusivo que permite uma escalabilidade de 1 a 30.000 telefones IP por cluster, balanceando a carga e provendo redundância a toda solução. (CISCO, 2008)

Os roteadores serão responsáveis pelo “roteamento” dos pacotes entre os links de dados e voz, sendo as chamadas e sinalizações gerenciadas pelo *CallManager* instalado apenas no site central (Curitiba) bem como a definição de qual codec será utilizado para cada chamada (G.711 para chamadas com origem ou



destino a um telefone não IP ou fora da RMC. E G.729 para chamada entre telefones IP's ou através da RMC).

Quando um telefone IP é retirado do gancho é estabelecido um canal de sinalização de chamada (*Call signaling*) entre ele e o CallManager. Neste momento o telefone envia uma requisição para originar uma chamada para o CallManager contendo o endereço de destino da chamada. Quando o telefone de destino responde, o CallManager estabelece um canal de controle de media (*Media control*), a partir disso é negociado qual codec será utilizado para essa chamada. Após estabelecido o canal de controle de media, é estabelecido um canal de mídia (*Media Exchange*) entre o aparelho de origem e destino onde serão transmitidos os pacotes de voz conforme figura 25.

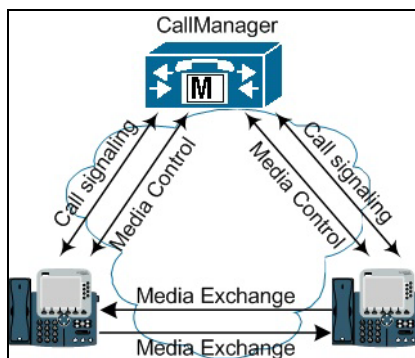


Figura 25: Chamada no sistema de telefonia IP.

Fonte: Adaptado de *Cisco CallManager Fundamentals* 2001 pag. 24.

Os roteadores das filiais têm a capacidade de atuar como centrais independentes caso o link WAN “caia” ou o servidor com o CallManager fique inoperante. Dessa forma o roteador opera no modo SRST (*Survivable Remote Site Telephony*) ou modo de sobrevivência, gerenciando e controlando todas as chamadas originadas e recebidas da localidade em questão. Dessa forma garantimos alta disponibilidade para todo o sistema de telefonia em todas as localidades.

Na tabela 11 apresentamos os custos envolvidos para a nova topologia considerando apenas os equipamentos.

Tabela 11: Custos com equipamentos (cotação do dólar R\$1,55 em 01/08/08 fonte PTAX).

Local	QTD	PN#	FABRICANTE	DESCRIÇÃO	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
Curitiba	<b>ROTEADOR CURITIBA</b>					
	1	CISCO2821-SRST/K9	CISCO	2821 Voice Bundle w/ PVDM2-32, FL-SRST-48,SP Serv,64F/256D	R\$ 3.875,00	R\$ 3.875,00
	2	PVDM2-64=	CISCO	64-Channel Packet Voice/Fax DSP Module for Cisco 3700, 3800, 2800	R\$ 2.996,15	R\$ 5.992,30
	1	WIC-1T=	CISCO	1-Port Serial WAN Interface Card for Cisco 3600, 3700, 2800, 2600, 1800, 1700, 1600	R\$ 297,60	R\$ 297,60
	1	VIC2-4FXO=	CISCO	Four-port Voice Interface Card FXO (Universal) for Cisco 3600, 3700, 3800, 2800, 2600, 1751, 1760	R\$ 750,20	R\$ 750,20
	1	VVIC-1MFT-E1=	CISCO	1-Port RJ-48 Multiflex Trunk - E1 for Cisco 3600, 3700, 3800, 2800, 2600, 1800, 1700	R\$ 1.218,30	R\$ 1.218,30
	1	CAB-E1-RJ45BNC=	CISCO	E1 Cable RJ45 to dual BNC (unbalanced), Spare	R\$ 71,30	R\$ 71,30
	1	CAB-V35MT=	CISCO	V.35 Cable, DTE, Male, 10 Feet	R\$ 71,30	R\$ 71,30
	<b>Servidor com CallManager</b>					
	2	MCS7816H3-K9-CMB2	CISCO	Unified CM 6.1 7816-H3 Appliance, 0 Seats	R\$ 3.565,00	R\$ 7.130,00
	2	CON-SNT-16H3CMB2	CISCO	SmartNet 8x5xNBD para MCS7816H3-K9-CMB2	R\$ 88,35	R\$ 176,70
	2	LIC-CM6.1-7816	CISCO	License Unified CM 6.1 7816 Appliance, 500 seats	R\$ 2.325,00	R\$ 4.650,00
	<b>Telefones IP</b>					
	1	CP-7971G-GE=	CISCO	Cisco IP Phone 7971G-GE, Global, Gig Ethernet	R\$ 764,15	R\$ 764,15
	5	CP-7941G=	CISCO	Cisco IP Phone 7941, spare Necessário adquirir uma das licenças abaixo	R\$ 339,45	R\$ 1.697,25
	62	CP-7911G=	CISCO	Cisco IP Phone 7911G Necessário adquirir uma das licenças abaixo	R\$ 173,60	R\$ 10.763,20
	68	CP-PWR-CUBE-3=	CISCO	IP Phone power transformer for the 7900 phone series	R\$ 43,40	R\$ 2.951,20
	3	LIC-CM-DL-100=	CISCO	CallManager Device License - 100 units	R\$ 373,55	R\$ 1.120,65
	1	ATA186-11-A=	CISCO	Spare Cisco ATA 186 2-Port Adaptor, 600 Ohm Impedance	R\$ 159,65	R\$ 159,65
Porto Alegre	<b>ROTEADOR PORTO ALEGRE</b>					
	1	CISCO2821-SRST/K9	CISCO	2821 Voice Bundle w/ PVDM2-32, FL-SRST-48,SP Serv,64F/256D	R\$ 3.875,00	R\$ 3.875,00
	2	PVDM2-64=	CISCO	64-Channel Packet Voice/Fax DSP Module for Cisco 3700, 3800, 2800	R\$ 2.996,15	R\$ 5.992,30
	1	WIC-1T=	CISCO	1-Port Serial WAN Interface Card for Cisco 3600, 3700, 2800, 2600, 1800, 1700, 1600	R\$ 297,60	R\$ 297,60
	1	VIC2-4FXO=	CISCO	Four-port Voice Interface Card FXO (Universal) for Cisco 3600, 3700, 3800, 2800, 2600, 1751, 1760	R\$ 750,20	R\$ 750,20
	1	VVIC-1MFT-E1=	CISCO	1-Port RJ-48 Multiflex Trunk - E1 for Cisco 3600, 3700, 3800, 2800, 2600, 1800, 1700	R\$ 1.218,30	R\$ 1.218,30
	1	CAB-E1-RJ45BNC=	CISCO	E1 Cable RJ45 to dual BNC (unbalanced), Spare	R\$ 71,30	R\$ 71,30
	1	CAB-V35MT=	CISCO	V.35 Cable, DTE, Male, 10 Feet	R\$ 71,30	R\$ 71,30
	<b>Telefones IP</b>					
	1	CP-7941G=	CISCO	Cisco IP Phone 7941, spare Necessário adquirir uma das licenças abaixo	R\$ 339,45	R\$ 339,45
	40	CP-7911G=	CISCO	Cisco IP Phone 7911G Necessário adquirir uma das licenças abaixo	R\$ 173,60	R\$ 6.944,00
	41	CP-PWR-CUBE-3=	CISCO	IP Phone power transformer for the 7900 phone series	R\$ 43,40	R\$ 1.779,40
	13	LIC-CM-DL-10=	CISCO	CallManager Device License - 10 units	R\$ 342,55	R\$ 4.453,15
	1	ATA186-11-A=	CISCO	Spare Cisco ATA 186 2-Port Adaptor, 600 Ohm Impedance	R\$ 159,65	R\$ 159,65
	<b>ROTEADOR FILIAIS</b>					
	3	CISCO2801-SRST/K9	CISCO	2801 Voice Bundle w/ 24-user FL-SRST-SMALL,SP Serv,64F/256D	R\$ 2.740,40	R\$ 8.221,20
	3	PVDM2-64=	CISCO	64-Channel Packet Voice/Fax DSP Module for Cisco 3700, 3800, 2800	R\$ 2.996,15	R\$ 8.988,45
	3	WIC-1T=	CISCO	1-Port Serial WAN Interface Card for Cisco 3600, 3700, 2800, 2600, 1800, 1700, 1600	R\$ 297,60	R\$ 892,80
Filiais	3	VVIC-1MFT-E1=	CISCO	1-Port RJ-48 Multiflex Trunk - E1 for Cisco 3600, 3700, 3800, 2800, 2600, 1800, 1700	R\$ 1.218,30	R\$ 3.654,90
	3	CAB-E1-RJ45BNC=	CISCO	E1 Cable RJ45 to dual BNC (unbalanced), Spare	R\$ 71,30	R\$ 213,90
	3	CAB-V35MT=	CISCO	V.35 Cable, DTE, Male, 10 Feet	R\$ 71,30	R\$ 213,90
	<b>Telefones IP</b>					
	18	CP-7911G=	CISCO	Cisco IP Phone 7911G Necessário adquirir uma das licenças abaixo	R\$ 173,60	R\$ 3.124,80
	18	CP-PWR-CUBE-3=	CISCO	IP Phone power transformer for the 7900 phone series	R\$ 43,40	R\$ 781,20
	6	LIC-CM-DL-10=	CISCO	CallManager Device License - 10 units	R\$ 342,55	R\$ 2.055,30
	1	ATA186-11-A=	CISCO	Spare Cisco ATA 186 2-Port Adaptor, 600 Ohm Impedance	R\$ 159,65	R\$ 159,65
	<b>VALOR TOTAL DO PROJETO</b>					<b>R\$ 95.946,55</b>

Nota-se um generoso desconto por parte do fabricante devido à empresa em estudo ser canal autorizado Cisco.

### 3.3 VIABILIDADE FINANCEIRA

Com auxílio do software proprietário da operadora figura 26, foi possível fazer o levantamento dos custos gerados pelo atual sistema sendo apresentado na tabela 12.

Relatório de Detalhamento de Chamadas										
	CPS	Conta	SubConta	CNPJ	Razão Social	Sequencial	Serviço	Tipo de Chamada	Data	oi
▶	11231007609	000006009	0000	79345583000	TELETEX COMPU	0000465	PCM	CHAMADA INTERURBA	22/10/2007	1
	11231007609	000006009	0000	79345583000	TELETEX COMPU	0000455	PCM	CHAMADA INTERURBA	11/10/2007	C
	11231007609	000006009	0000	79345583000	TELETEX COMPU	0000456	PCM	CHAMADA INTERURBA	11/10/2007	1
	11231007609	000006009	0000	79345583000	TELETEX COMPU	0000457	PCM	CHAMADA INTERURBA	16/10/2007	C
	11231007609	000006009	0000	79345583000	TELETEX COMPU	0000458	PCM	CHAMADA INTERURBA	17/10/2007	1
	11231007609	000006009	0000	79345583000	TELETEX COMPU	0000459	PCM	CHAMADA INTERURBA	17/10/2007	1
	11231007609	000006009	0000	79345583000	TELETEX COMPU	0000460	PCM	CHAMADA INTERURBA	17/10/2007	1

<input type="checkbox"/> Período(Data Cham.) <input type="checkbox"/> Serviço <input type="checkbox"/> Tipo de Chamada <input type="checkbox"/> Horário <input type="checkbox"/> Tel. Origem / Destino <input type="checkbox"/> Mun/UF Origem/Destino <input type="checkbox"/> País Destino	<b>TELETEX COMPUTADORES E SISTEMAS LTDA</b> <b>100%</b> Período 08/10/2007 - 07/11/2007 Duração Total 23476,1 Qtd.Chamadas 3.687 Valor Serviço 6.706,87 <b>50,85%</b> Minutos Resultantes do Filtro 19005,3 Qtd.Chamadas 2.230 Valor Resultante do Filtro (s/desconto) 3.410,73
---	--

Figura 26: Software Fatura Fácil Embratel.

Fonte: Operadora Embratel.

Tabela 12: Custos gerados pelo sistema atual.

Custos com ligações - Cenário Atual							
Localidade		Origem					
		Curitiba	Londrina	Joinville	Florianópolis	Porto Alegre	Total
Destino	Curitiba - Matriz	-----	R\$ 517,05	R\$ 131,27	R\$ 47,22	R\$ 515,00	R\$ 1.210,54
	Curitiba	R\$ 592,68	R\$ 167,97	R\$ 67,84	R\$ 104,26	R\$ 140,23	R\$ 1.072,98
	Londrina - Filial	R\$ 211,54	-----	R\$ -	R\$ -	R\$ 214,67	R\$ 426,21
	Londrina	R\$ 40,09	R\$ 350,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 286,00	R\$ 676,09
	Joinville - Filial	R\$ 77,98	R\$ 14,91	-----	R\$ 5,61	R\$ 40,65	R\$ 139,15
	Joinville	R\$ 24,55	R\$ -	R\$ 267,00	R\$ 3,97	R\$ 85,10	R\$ 380,62
	Florianópolis - Filial	R\$ 133,81	R\$ 4,57	R\$ 15,47	-----	R\$ 84,22	R\$ 238,07
	Florianópolis	R\$ 193,63	R\$ 6,94	R\$ 136,04	R\$ 240,00	R\$ 236,69	R\$ 813,30
	Porto Alegre - Filial	R\$ 349,42	R\$ 35,52	R\$ 37,84	R\$ 18,27	-----	R\$ 441,05
	Porto Alegre	R\$ 189,21	R\$ 11,35	R\$ 176,60	R\$ 15,76	R\$ 212,33	R\$ 605,25
	Outras Cidades	R\$ 1.597,82	R\$ 743,07	R\$ 250,89	R\$ 54,89	R\$ 951,78	R\$ 3.598,45
Total		R\$ 3.410,73	R\$ 1.851,38	R\$ 1.082,95	R\$ 489,98	R\$ 2.766,67	R\$ 9.601,71

As chamadas com destino para as cidades de Londrina, Curitiba, Joinville, Florianópolis e Porto Alegre serão encaminhadas pela rota de menor custo, configurada nos agente de processamento de chamadas e *gateways* de voz, dessa forma essas ligações sairão pela rede de dados com custo reduzido. Caso seja estabelecida uma chamada entre as filiais essa também sairá pela rota de menor custo, porém com custo zero.

Considerando o acordo existente com a operadora, é cobrado apenas o tráfego nos troncos DDR, havendo isenção do valor mensal do fluxo E1 além da tarifa para ligações DDD ser única (flat) para os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Com essas informações foi possível estimar os gastos com a nova topologia conforme tabela 13.

Tabela 13: Custos estimados na nova topologia.

Custos (estimados) com ligações - Cenário Proposto							
Localidade		Origem					
		Curitiba	Londrina	Joinville	Florianópolis	Porto Alegre	Total
Destino	Curitiba - Matriz	-----	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	Curitiba	R\$ 592,68	R\$ 167,97	R\$ 67,84	R\$ 104,26	R\$ 140,23	R\$ 1.072,98
	Londrina - Filial	R\$ -	-----	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	Londrina	R\$ 40,09	R\$ 350,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 286,00	R\$ 676,09
	Joinville - Filial	R\$ -	R\$ -	-----	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	Joinville	R\$ 24,55	R\$ -	R\$ 267,00	R\$ 3,97	R\$ 85,10	R\$ 380,62
	Florianópolis - Filial	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-----	R\$ -	R\$ -
	Florianópolis	R\$ 193,63	R\$ 6,94	R\$ 136,04	R\$ 240,00	R\$ 236,69	R\$ 813,30
	Porto Alegre - Filial	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-----	R\$ -
	Porto Alegre	R\$ 189,21	R\$ 11,35	R\$ 176,60	R\$ 15,76	R\$ 212,33	R\$ 605,25
Outras Cidades	R\$ 1.597,82	R\$ 743,07	R\$ 250,89	R\$ 54,89	R\$ 951,78	R\$ 3.598,45	
Total		R\$ 2.637,98	R\$ 1.279,33	R\$ 898,37	R\$ 418,88	R\$ 1.912,13	R\$ 7.146,69
Legenda							
		Chamada local					
		Custo Zero (RMC)					
		LDN					

Notasse uma redução nos custos das chamadas de R\$ 2.455,02, sendo esse o valor gasto pelas ligações entre as filiais.

Para os links de dados conforme mencionado no item 3.2, houve a necessidade de substituição dos *links Frame Relay* pela tecnologia MPLS e aumento da banda oferecida para esses *links* de forma a suportar além do tráfego de dados existente e o tráfego de voz entre as filiais. Na tabela 14 apresentamos os custos com os atuais *links Frame Relay*.

Tabela 14: Custos com *link* de dados *Frame Relay*.

<b>Localidade</b>	<b>Custo Mensal</b>	<b>BW</b>
Curitiba	R\$ 2.893,14	512
Londrina	R\$ 1.368,09	128
Joinville	R\$ 812,91	128
Florianópolis	R\$ 1.806,39	128
Porto Alegre	R\$ 2.177,47	256
Total:	R\$ 9.058,00	

Fonte: Operadora Embratel.

A tabela 15 apresenta os custos para os *links* de dados com tecnologia MPLS considerando um aumento da banda para suportar o tráfego de voz.

Tabela 15: Custos com *Link* de dados MPLS.

<b>Localidade</b>	<b>Custo Mensal</b>	<b>BW</b>
Curitiba	R\$ 4.259,40	1536
Londrina	R\$ 934,21	256
Joinville	R\$ 908,02	256
Florianópolis	R\$ 2.043,27	256
Porto Alegre	R\$ 1.694,66	512
Total:	R\$ 9.839,56	

Fonte: Operadora Embratel.

## 4 CONCLUSÃO

O principal objetivo desse trabalho era apresentar a viabilidade técnico-comercial da migração de uma estrutura de telecomunicações tradicional para uma totalmente IP, apresentando os recursos utilizados e o retorno do investimento dessa solução.

Através do levantamento de toda a infra-estrutura, foi possível dimensionar uma nova topologia convergindo voz e dados utilizando equipamentos da marca Cisco. Com auxílio do software gerador de contas telefônicas fornecido pela operadora Embratel, realizamos o levantamento dos custos gerados pelo atual sistema de telefonia, sendo esses dados tratados para dimensionamento dos custos estimados com telefonia IP.

Como podemos observar, existe uma redução de aproximadamente 26% dos custos gerados pelo atual sistema, sendo o prazo máximo para retorno do investimento da solução de aproximadamente três anos e quatro meses. Essa redução diz respeito apenas à utilização da rota de menor custo, sendo considerado para efeito de cálculo apenas as ligações entre as filiais.

Tecnicamente o projeto é viável sendo uma solução escalável que utiliza tecnologia de ponta, além de prover redução nos custos com ligações e gerenciamento. Foi realizado o levantamento do custo inicial necessário para a substituição do sistema tradicional, sendo justificado o investimento pela economia em ligações entre as filiais.

## 5 REFERÊNCIAS

ALENCAR, Marcelo Sampaio de; **Telefonia digital**. 4º Edição São Paulo: Érica, 2002.

ALEXANDER, John; PEARCE, Chrus; SMITH, Anne; WHETTEN, Delon; **Cisco CallManager Fundamentals**. Cisco Press, 2002.

ALVES, Luiz; **Comunicação de dados**. 2º Edição São Paulo: Makron, 1994.

BERNAL FILHO, Huber. Frame Relay. 2003. Disponível em: <[HTTP://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialfr/default.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialfr/default.asp)>. Acesso em: 15 set. 2008.

BERNAL FILHO, Huber. Telefonia IP. 2003. Disponível em: <[HTTP://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtelip/Default.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtelip/Default.asp)>. Acesso em: 15 ago. 2008.

BIGELOW, S. J.: **Understanding Telephone Eletronics**. Indianapolis USA: Sams Publishing 1991.

CISCO Unified Communications Manager versão 6.0. Disponível em: <[HTTP://www.cisco.com/web/BR/start/pdfs/Unified\\_Communications\\_Manager\\_6.pdf](http://www.cisco.com/web/BR/start/pdfs/Unified_Communications_Manager_6.pdf)>. Acesso em: 4 ago. 2008.

COMER, Douglas E.; **Internetworking with TCP/IP**. 5º Edição Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2006.

COMER, Douglas E.; **Redes de computadores e internet**: abrange transmissão de dados, ligações inter-redes, web e aplicações. 4º Edição Porto Alegre: Bookman, 2007.

CORREIA, Samara landers; **Fundamentos da telefonia pública e privada**. 2º Edição Rio de Janeiro: 2002.

COUTO INÁCIO, Fabrício; MPLS – Multiprotocol Label Switching. 2002. Disponível em <[HTTP://www.gta.ufrj.br/grad/02\\_1/mpls/](http://www.gta.ufrj.br/grad/02_1/mpls/)>. Acesso em: 15 set. 2008.

CYMROT, D.; **Princípios básicos de telefonia**. São Paulo: Ericson do Brasil 1975.

FARIA, Paulo Murilo; **Telefonia publica e privada**. 2º Edição São Paulo: Nobel 1985.

FERRARI, A. M.; **Telefonia básica**. Rio de Janeiro: Veritas, 1967.

GASPARINI, Anteu Fabiano Lúcio; **TCP/IP: solução para conectividade**. 3º Edição São Paulo: Érica, 1996.

GIRARD, A.; **Routing and Dimensioning in Circuit-Switched Networks**. Massachusetts USA: Addison-Wesley 1990.

GOMES, S. M. C.; **Tráfego: Teoria e Aplicações**. Rio de Janeiro: Makron/McGraw-Hill/Embratel 1991.

GONÇALVES, João Teodoro; **Teoria do tráfego telefônico: (tabelas e gráficos / Siemens)**. 1º Edição São Paulo, Nobel 1985.

HAMSHER, Donald H.; **Sistemas de telecomunicações**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.

Multiprotocol Label Switching (MPLS). Disponível em: <[HTTP://www.unicert.com.br/arquivos/sobre\\_conteudos/UBC 720 - Multiprotocol Label Switching \\_MPLS - Versão 2\\_.pdf](http://www.unicert.com.br/arquivos/sobre_conteudos/UBC_720_-_Multiprotocol_Label_Switching_MPLS_-_Versão_2_.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2008.

NETO, V. S. et al.; **Telefonia em Sistemas Locais**. São Paulo: Érica 1991.

RIBEIRO, M. P. ET AL.; **Básico de Comunicações Digitais**. Rio de Janeiro: Embratel 1992.



STALLINGS, William; **Redes e sistemas de comunicação de dados** : teoria e aplicações corporativas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

SZIGETI, Tim; HATTINGH, Christina; **End-to-end QoS network design**: Quality of Service in LANs, WANs, and VPNs. Cisco Press, 2004.

TANENBAUM, Andrew S.; **Redes de computadores**. 4° Edição Rio de Janeiro: Campus, 2003.

TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; **Redes de comunicação de dados**. 3° Edição rio de Janeiro: LTC, 1984.

WAGDY, M. F.; **Effect of ADC Quantization Errors on Some Periodic Signal Measurements**. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 1997.





## ANEXO B – RELATÓRIO DO CÁLCULO DE BANDA

Relatório gerado pela ferramenta da Cisco *Voice Codec Bandwidth Calculator*.

### Your Selections

Your results are based on the following entries. Use the back button to make any changes.

Your Selections	
<b>Codec:</b>	g729_All_Variants
<b>Voice Payload Size:</b>	20 bytes
<b>Voice Protocol:</b>	VoIP
<b>Compression:</b>	on
<b>Media Access:</b>	PPP
<b>Tunnel/Security/Misc:</b>	MPLS_with_VPN
<b>Number of Calls:</b>	1

### Your Results

Please review your results below, then help us improve this tool by supplying feedback using the link in the right-hand column of this page.

Codec Information		
<b>Codec Bit Rate</b>	8 kbps	= (Codec Sample Size * 8) / (Codec Sample Interval)
<b>Codec Sample Size</b>	10 bytes	size of each individual codec sample
<b>Codec Sample Interval</b>	10 msec	the time it takes for a single sample
<b>Bandwith Per Call (VoIP)</b>		
<b>Voice Packets Per Second</b>	50	(Codec Bit Rate / Voice Payload Size)
<b>Bandwidth Per Call (RTP Only)</b>	18 kbps	( Total Packet Size(bits) + Flag(bits) ) * ( Packets Per Second )
<b>5% Additional Overhead</b>	0.9 kbps	5% additional overhead per call to accomodate bandwidth for signaling (for example: RTCP/H225/H245 messages on H.323 networks).
<b>Bandwith Per Call + 5.0% Additional Overhead</b>	18.9 kbps	Overhead + Bandwidth Per call
<b>Total Bandwith Required (VoIP)</b>		
<b>Bandwidth Used for All Calls</b>	18 kbps	(Bandwidth per Call) * (Number of Calls)

**(RTP Only)**

**Total Bandwidth (including Overhead)**      18.9 kbps    Same as above + 5.0% Overhead

**Packet Size Calculation**

<b>Total Packet Size</b>	44 bytes	Excluding Frame Flag
<b>Voice Payload Size</b>	20 bytes	Size of the Codec Samples per packet
<b>Layer2 Overhead</b>	6 bytes	Layer2 Overhead including CRC
<b>Tunnel/Security/Misc Overhead</b>	16 bytes	Tunnel/Security Overhead
<b>Compressed Header</b>	2 bytes	IP/UDP/RTP Compressed header
<b>Frame Flag (7E)</b>	1 byte	Most modern framers can handle a single flag between frames (i.e... no beginning flag)

**If we Turned Compression" off "**

<b>Compression</b>	<b>On (kbps)</b>	<b>Off (kbps)</b>
Bandwidth Per Call (RTP Only)	18 kbps	33 kbps
5.0% Additional Overhead	0.9 kbps	1.66 kbps
Bandwidth Per call+ 5.0% Additional Overhead	18.9 kbps	34.86 kbps
Bandwidth Savings Per Call With Compression Enabled	15.96 kbps	

**What if the Voice Payload Size changed (VoIP)**

<b>Voice Payload Size (Bytes)</b>	<b>Packets per Second</b>	<b>Bandwidth per Call (kbps) including 5% Overhead</b>	<b>Bandwidth Difference from Reference (kbps)</b>	<b>Delay Difference (msec)</b>
10.0	100	15.96	2.94	-10
20	50	18.9	Reference	Reference
30.0	33.333	10.92	7.98	10
40.0	25	10.29	8.61	20
50.0	20	9.912	8.988	30
60.0	16.667	9.66	9.24	40
70.0	14.286	9.48	9.42	50
80.0	12.5	9.345	9.555	60
90.0	11.111	9.24	9.66	70
100.0	10	9.156	9.744	80
110.0	9.091	9.087	9.813	90
120.0	8.333	9.03	9.87	100
130.0	7.692	8.982	9.918	110
140.0	7.143	8.94	9.96	120

150.0	6.667	8.904	9.996	130
160.0	6.25	8.873	10.028	140
170.0	5.882	8.845	10.055	150
180.0	5.556	8.82	10.08	160
190.0	5.263	8.798	10.102	170
200.0	5	8.778	10.122	180
210.0	4.762	8.76	10.14	190
220.0	4.545	8.744	10.156	200
230.0	4.348	8.729	10.171	210
240.0	4.167	8.715	10.185	220

## ANEXO C – DIMENSIONAMENTO DE DSP'S

Relatório gerado pela ferramenta da Cisco *DSP Calculator*.

### TOOLS & RESOURCES

### DSP CALCULATOR

<a href="#">SELECT ROUTER</a>	<a href="#">CONFIGURE ROUTER</a>	<a href="#">CONFIGURE OPTIONS</a>	<a href="#">RESULTS</a>
-------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------

You have selected: Cisco 2821 Router and Cisco IOS Release 12.4.

--

DSP Calculator Input				
		Number of Voice Calls		
Onboard/NM Slots		G.711/ Fax passthrough/ Modem passthrough	G.729a/ G.726/ Fax Relay/ T.37 Fax	G.729b/ G.723.1/ G.728/ Modem Relay
HWIC Slot 0	VWIC-1MFT-E1	30	0	0
HWIC Slot 1	VIC2-4FXO	4	0	0
HWIC Slot 2	WIC in Slot	0	0	0

Transcoding				
		Number of transcoding sessions		
		G.711 a-law to/from u-law	G.711 to G.729a	G.711 to G.729(b)
	onboard	0	20	0
Transcoding Type : CCM				

Conferencing			
		Number of conferences	
		G.711 mode	G.711 - G.729a/ G.729 mode
	onboard	5	5

### Analog reservation and Media Encryption

Onboard/NM Slots	Analog Reservation	Media Encryption
Onboard	NONE	OFF

### DSP Calculator Result

Minimum number of DSPs required to support the above configuration is 9.

### DSP Requirements

	Onboard	CLI Information
<b>Optimized Result(Default)</b>	<b>9 DSP(s).</b> two PVDM2-64 + one PVDM2-8	<a href="#">CLI Info</a>
<b>Normal Result</b>	<b>11 DSP(s).</b> one PVDM2-48 + two PVDM2- 64	<a href="#">CLI Info</a>
<b>Worst Case Result</b>	<b>N/A</b>	N/A

	<input type="button" value="Save"/>
--	-------------------------------------

#### Note:

For NM-HDV cards (not NM-HDV-FARM) the PVDM-12s combination displayed are for the additional PVDM-12s required.

The DSP requirements for the Analog/BRI cards will be the same whether or not all calls are configured.

Self sufficient - The NM module ships with enough DSPs to support the selected configuration.

N/S - not supported.

N/A - not applicable.

N/C - not configured.

\* - The DSP value displayed is more than the actual DSPs required by a single DSP value. Under most conditions one DSP less than the DSPs displayed are sufficient, but there are cases where it would need the DSPs as displayed. So to be safe the tool recommends the displayed number of DSPs.

Transcoding to GSM codecs (GSM-FR and GSM-EFR) is not supported on the 549 DSP.

Please do not click on the current Tab.