

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM CONFIGURAÇÃO E GERENCIAMENTO DE SERVIDORES
E EQUIPAMENTOS DE REDES**

ALEXANDRE CANALLE

**SIMULAÇÃO DE ATUALIZAÇÃO DE INFRA-ESTRUTURA DE REDES
PARA SUPORTE A TELEFONIA IP**

MONOGRAFIA

CURITBA

2011

ALEXANDRE CANALLE

**SIMULAÇÃO DE ATUALIZAÇÃO DE INFRA-ESTRUTURA DE REDES
PARA SUPORTE A TELEFONIA IP**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Configuração e Gerenciamento de Servidores e Equipamentos de Redes, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas

CURITIBA
2011

Dedico este trabalho principalmente à minha família, que me acompanha continuamente nos estudos e à minha namorada pelo apoio e compreensão na busca pelo êxito nesta especialização, mesmo que às vezes este apoio tenha sido somente com o carinho, dedicação e compreensão para que as horas despendidas com esse estudo não interferisse no relacionamento familiar e afetivo.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas, por ter acreditado e confiado nos objetivos e no meu potencial para o desenvolvimento de desse projeto;

Aos colegas da Gerência de Infraestrutura do Grupo Boticário, empresa onde trabalho, pela troca de conhecimentos e parceria.

Aos meus pais e irmãos, por todo o apoio em todos os sentidos;

E a todos que, direta ou indiretamente, participaram e (ou) influenciaram o desenvolvimento deste projeto.

RESUMO

CANALLE, Alexandre. **Simulação de atualização de infra-estrutura de redes para suporte a Telefonia IP**. 2011. 71p. Monografia (Especialização em Configuração e Gerenciamento de Servidores e Equipamentos de Redes), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba, 2011.

Nesta pesquisa é realizada uma abordagem explicativa e de natureza aplicada de como simular a atualização de infra-estrutura de redes de dados para suportar telefonia IP. O objetivo principal é o de simular virtualmente um projeto de convergência das comunicações de uma pequena empresa, que possua escritórios e representantes espalhados por áreas distantes e que pretenda reduzir custos de suas ligações internas pelo uso da Telefonia IP. Com a utilização de ferramenta de emulação de roteadores que possibilite a instalação de serviços multimídia e de configuração de regras para classificação e priorização de tráfego, é demonstrada a viabilidade da simulação previamente à aplicação das mudanças em ambiente produtivo. Após serem utilizadas técnicas de pesquisa bibliográfica e experimental, dentre os resultados obtidos reside o da comprovação do funcionamento da telefonia IP instalada diretamente nos roteadores e o da eficácia da classificação, marcação e priorização de tráfego para possibilitar a comunicação interna com redução do custo de conectividade à matriz, com a manutenção da qualidade de voz percebida através da rede pública de telefonia.

Palavras-chave: Telefonia IP. Atualização de Infra-estrutura. Roteadores. QoS. Priorização de Tráfego.

ABSTRACT

CANALLE, Alexandre. **Simulation of network infrastructure update to support IP telephony**. 2011. 71p. Monograph (Especialization in Management and Configuration of Servers and Network Equipment), Federal Technological University of Paraná, UTFPR, Curitiba, 2011.

This research performs an explanatory and applied nature approach of how to simulate the data network infrastructure update to support IP telephony. The main objective is virtually simulate a communication convergence project of a small business that have branches and representatives spread over distant areas and that intend to reduce internal calls costs through the use of IP Telephony.. With the usage of a routers emulation tool that allows to install multimedia services together with the traffic classification and prioritization rules configuration, is shown the viability of the simulation previously the applying of productive enviroment changes.. After being utilized experimental and bibliographic research techniques, among the results obtained resides the proving of the IP telephony working installed inside the routers and the efectiveness of classification, marking and traffic prioritization to permit the internal communication with the reduced connectivity costs to the matrix, with the maintenance of voice quality perceived on the public switched telephone network.

Key-words: IP Telephony. Infrastructure Update. Routers. QoS. Traffic Priorization.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Arquivo de Configuração do Roteador CWB.....	36
Quadro 2 - Arquivo de Configuração do Roteador SPO.....	38
Quadro 3 - Iniciando configuração do CME	45
Quadro 4 - Configuração do CME	47
Quadro 5 - Configurando mensagem do Sistema	47
Quadro 6 - Registro do CIPC de CWB	49
Quadro 7 - Scripts de Classificação, Marcação e Priorização de Tráfego	55
Quadro 8 - Visualização de Priorização e Descarte de pacotes.....	56
Quadro 9 - Visualização de Consumo do codec G.711 nas políticas de Voz.....	58
Quadro 10 - Alterando codec para G.729	59
Quadro 11 - Definindo número máximo de chamadas pela WAN	60
Quadro 12 - Arquivo de Configuração Final - Roteador CWB.....	68
Quadro 13 - Arquivo de Configuração Final - Roteador SPO.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Topologia Base dos Estudos	23
Figura 2 - Endereçamento dos Dispositivos da Rede de Laboratório	34
Figura 3 - Geração de Tráfego com Iperf – Servidor.....	39
Figura 4 - Geração de Tráfego com Iperf - Cliente.....	40
Figura 5 - Monitoramento de Tráfego de Rede de Dados roteador SPO	40
Figura 6 - Roteador CWB transformado em <i>Gatekeeper</i>	44
Figura 7 - Configurando servidor TFTP.....	48
Figura 8 - Ligação recebida no ramal 5051 do ramal 5050.....	50
Figura 9 - Captura na interface Fa0/0 roteador SPO - Número discado 5051	50
Figura 10 - Ligação após 31 minutos de duração	51
Figura 11 - CODEC G.711 em funcionamento.....	57
Figura 12 - Banda consumida para 1 ligação de Voz com codec G.711.....	57
Figura 13 - CODEC G.729 em funcionamento.....	59
Figura 14 - Banda consumida para 1 ligação de Voz com codec G.729.....	60

LISTA DE SIGLAS

CA	<i>Call Agent</i>
CIPC	<i>Cisco® IP Communicator</i>
CME	<i>Callmanager Express</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
CUCM	<i>Cisco® Unified Callmanager</i>
CWB	<i>Curitiba</i>
DHCP	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>
DNS	<i>Domain Name System</i>
DSCP	<i>Differentiated Services Code Point</i>
DSP	<i>Digital Signal Processor</i>
FXS	<i>Foreign exchange station</i>
IEEE	<i>Institute of Electric and Electronic Engineers</i>
IOS	<i>Internetwork Operating System</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
KB	<i>Kilobyte</i>
Kbps	<i>Kilobits per second</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
MB	<i>Megabyte</i>
Mbps	<i>Megabits per second</i>
MCU	<i>Multipoint Control Unit</i>
MPLS	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
ms	<i>Miliseconds</i>
PCM	<i>Pulse Code Modulation</i>
PPP	<i>Point to Point Protocol</i>
PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i>
QOS	<i>Quality of Service</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RFC	<i>Request for Comments</i>
ROI	<i>Return Of Investments</i>
RTP	<i>Real-time Protocol</i>
SAN	<i>Storage Area Network</i>
SCCP	<i>Skinny Call Control Protocol</i>
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>
SOHO	<i>Small Office Home Office</i>
SPO	<i>São Paulo</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
TFTP	<i>Trivial File Transfer Protocol</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
VLAN	<i>Virtual Local Area Network</i>
VM	<i>Virtual Machine</i>
VMs	<i>Virtual Machines</i>
VoIP	<i>Voice Over Internet Protocol</i>
VPN	<i>Virtual Private Network</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1.	TEMA.....	13
1.1.1.	Delimitação do Tema.....	14
1.2.	PROBLEMA E PREMISSAS.....	15
1.3.	OBJETIVOS.....	16
1.3.1.	Objetivo Geral.....	16
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	17
1.4.	JUSTIFICATIVA.....	17
1.5.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	18
1.5.1.	Pesquisa Bibliográfica:.....	19
1.5.2.	Desenho de Topologia de Rede Simples:.....	20
1.5.3.	Desenho de Topologia de Rede Multimídia	20
1.5.4.	Conclusões.....	20
1.6.	EMBASAMENTO TEÓRICO.....	21
1.7.	ESTRUTURA.....	21
2	ARQUITETURA DO LABORATÓRIO DE ESTUDO	23
2.1.	TOPOLOGIA BASE	23
2.2.	VERSÕES DO GERENCIADOR DE CHAMADAS	24
2.2.1.	Versões do CME.....	24
2.2.2.	Versões do <i>Firmware</i> do Equipamento.....	25
2.3.	FERRAMENTA DE EMULAÇÃO DE ROTEADORES	25
2.3.1.	Dynamips® com interface GNS3®	25
2.4.	FERRAMENTA DE VIRTUALIZAÇÃO DE DESKTOPS	26
2.4.1.	Vmware® Workstation 7 (Versão de teste).....	26

2.5.	FERRAMENTA DE ANÁLISE DE PACOTES	27
2.5.1.	Wireshark®	27
2.6.	FERRAMENTA DE GERAÇÃO DE TRÁFEGOS.....	27
2.6.1.	IPerf	27
2.7.	FERRAMENTA DE MONITORAMENTO DE DISPOSITIVOS.....	28
2.7.1.	Cacti.....	28
2.8.	HOSPEDEIRO DA INFRAESTRUTURA VIRTUALIZADA.....	28
3	ANÁLISE DE PARÂMETROS PARA O LABORATÓRIO	29
3.1.	CALCULO DE BANDA PARA UMA CHAMADA VOIP.....	29
3.1.1.	Codec e período de empacotamento.....	29
3.1.2.	Informações do Enlace	30
3.1.3.	Tamanho do empacotamento	30
3.1.4.	Tamanho do Quadro.....	31
3.1.5.	Taxa de Pacotes.....	31
3.1.6.	Banda total consumida em uma chamada.....	31
3.2.	RESERVA DE BANDA PARA QUALIDADE DE SERVIÇO	32
4	TOPOLOGIA DE REDE DE DADOS	33
4.1.	CONFIGURAÇÃO DE REDE DE DADOS	33
4.1.1.	Endereçamento IP	33
4.1.2.	Configuração Roteador Curitiba	35
4.1.3.	Configuração Roteador São Paulo	36
4.2.	TESTE DE ESTRESSE NO TRÁFEGO DA REDE.....	39
4.2.1.	Geração de Tráfego com o IPerf®	39
4.2.2.	Monitoramento do tráfego Gerado	40
5	TOPOLOGIA DE REDE MULTIMÍDIA	41
5.1.	FUNDAMENTOS DE TELEFONIA IP	41
5.1.1.	Benefícios da Telefonia comutada por Pacotes.....	41

5.1.2. Componentes de um sistema de Telefonia IP	41
5.1.3. Sistemas de Controle de Chamadas	43
5.1.4. Modelo de Processamento de Chamadas Centralizado com <i>Multisite</i>	43
5.2. HABILITANDO A TELEFONIA IP	44
5.2.1. Definindo o <i>Gatekeeper</i>	44
5.2.2. Configurando o CME	44
5.2.3. Configurando o CIPC	48
5.2.4. Teste de Ligação	49
5.3. GARANTINDO QUALIDADE DE VOZ	51
5.3.1. Motivos para uso de QoS	51
5.3.2. Serviços Diferenciados	52
5.3.3. Desenho da Classificação, Marcação e Priorização de Tráfego	53
5.3.4. Efeito do Codec no tráfego	56
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
6.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	62
REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo introduzirá o Tema, o Problema e as Premissas, os Objetivos Gerais e Específicos, a Justificativa, os Procedimentos Metodológicos, o Embasamento Teórico, a Estrutura e o Cronograma.

1.1. TEMA

Diferentes tecnologias dominaram cada um dos últimos três séculos. O século XVIII foi a época dos sistemas mecânicos que alavancaram a Revolução Industrial. O século XIX foi o período das máquinas à vapor, que impulsionaram o uso intensivo da eletricidade para movimentar indústrias e transportes. No século XX, a aquisição, o processamento e a distribuição das informações foram as principais conquistas tecnológicas (TANENBAUM,2003)

Dentre os desdobramentos dessas conquistas, desenvolveram-se as redes de telefonia conectadas mundialmente, ocorreu a invenção do rádio e da televisão, o nascer e crescer da indústria da informática e o lançamento de diversos satélites de comunicação (TANENBAUM, 2003).

Com o avanço tecnológico do último século, a convergência das mais variadas tecnologias tem se tornado fator preponderante para estreitar as diferenças entre coleta, transporte, armazenamento e processamento das informações fornecidas (TANENBAUM, 2003).

Durante as duas primeiras décadas de sua existência, os sistemas computacionais eram altamente centralizados. Uma empresa de médio porte ou universidade contava com apenas 1 ou 2 computadores e as grandes corporações possuíam algumas dezenas(TANENBAUM, 2003).

Após a utilização das comunicações para interconexão dos computadores, uma grande mudança no formato dos sistemas operacionais ocorreu. O que antes se centralizava em uma sala que era vista como uma “Maravilha Eletrônica” pelos colaboradores que levavam seus trabalhos para processar na grande máquina, passou a dar espaço para o que hoje se chama “Rede de Computadores”, onde

diversos computadores agora autônomos conectam suas forças de trabalho dividindo tarefas de processamento que antes eram centralizadas, além de possibilitar aumentar drasticamente a gama de serviços prestados.

A tecnologia destaque dos últimos 100 anos é a Internet. De acordo com Kurose e Ross (2006, p. 03), a internet pública é uma rede que interconecta milhões de equipamentos de computação ao redor do mundo, onde inicialmente apenas existiam computadores de uso pessoal e servidores que armazenavam e transmitiam informações como páginas *web* e *e-mails*, e hoje passaram a ser uma rede que também interliga celulares, eletrodomésticos, sistemas de segurança, automóveis, câmeras *web*, *set-top-box* de televisão digital, entre outros.

No jargão da internet, todos os equipamentos que se utilizam da internet são denominados hospedeiros ou sistemas finais. Em Janeiro de 2003, havia mais de 233 milhões de sistemas finais utilizando a Internet, esse número continua a crescer rapidamente (ISC, 2004 apud KUROSE, 2006).

As comunicações de longas distâncias proporcionam a utilização da Internet de uma forma privativa, permitindo que empresas com filiais espalhadas ao redor do mundo acompanhem o andamento das atividades e ajam remotamente sobre seus escritórios com agilidade e qualidade.

O escopo desta monografia será o de demonstrar a possibilidade de simulação de um projeto de telefonia IP para comunicação entre escritórios e colaboradores remotos com base na plataforma de roteadores Cisco que, de acordo com o Irish Times (2011), possui o *market share* de 54,2% nas vendas globais de roteadores, atingindo estatística e tecnicamente um maior grupo de interessados nesta pesquisa.

1.1.1. Delimitação do Tema

A pesquisa restringe seus estudos na simulação virtual de um projeto de migração de rede de dados convencional para uma rede de dados com suporte à serviço de Telefonia IP para comunicação interna, voltado às pequenas empresas, utilizando funcionalidades disponíveis em *firmwares* de roteadores Cisco e técnica de classificação de qualidade de serviço (QoS) para priorização de tráfego.

Embora que, em ambientes corporativos, o sistema de telefonia se comunique com outras empresas através da rede de telefonia pública comutada (PSTN), não serão encontrados nesse estudo informações a respeito da integração com esta rede.

1.2. PROBLEMA E PREMISSAS

O senso de imediatismo, informação em tempo real, exige da área de Tecnologia de Informação métodos de processamento e consolidação das informações que diariamente ficam mais complexas e fragmentadas.

Além do mais, atualmente as empresas percebem que a carga dinâmica de informações que a internet tem proporcionado aos consumidores exige o desenvolvimento de estratégias diferenciadas de abordagem e, além de tudo, mais rápidas de contato com seu público-alvo. Estratégias de *marketing* em redes sociais, *websites*, *e-commerce* entre outros, devem a cada dia vir acompanhadas da agilidade de resposta e solidez das informações prestadas pelos seus representantes.

Para agilizar essa responsividade aos colaboradores e filiais das companhias, a matriz de muitas companhias tem proporcionado métodos de acesso remoto para manipulação das mesmas informações que são disponibilizadas a aqueles que acessam a infra-estrutura localmente, além de proporcionar acesso telefônico para contatos diretos com outras filiais, colaboradores e com o próprio escritório central.

Em grande parte das corporações, independente de seu porte, ainda existe uma grande distinção entre comunicações de dados (redes de computadores) e comunicações de voz (telecomunicações). Essa situação reflete em alto custo operacional por necessitar de infra-estruturas separadas e equipes de administração com habilidades distintas.

Para atingir os objetivos desejados foi pesquisado e foram realizados testes no intuito de levantar as necessidades de modificações nos roteadores Cisco®, preparando a infra-estrutura da rede de dados de uma empresa de pequeno porte para a unificação com outras formas de comunicação.

A seguir são listadas as principais perguntas que serão respondidas para o projeto dessa solução de comunicação de voz sobre IP com priorização de tráfego:

- Quais são os requisitos mínimos para operacionalização de Telefonia IP através de Roteador?
- Existe necessidade de atualização de *firmware*?
- Como será determinada a qualidade da voz ao utilizar a mesma infraestrutura da rede de dados?
- Quantos ramais aproximadamente serão possíveis de se ter na infraestrutura disponível?
- Como determinar a necessidade de banda considerando voz e dados?
- Como garantir um número mínimo de ligações simultâneas?
- Como simular a infra-estrutura sem a necessidade de adquirir equipamentos para execução destes testes?

Essas questões serão respondidas após a conclusão dos objetivos listados neste estudo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

Simular o projeto de convergência das comunicações de uma pequena empresa que possua escritórios e representantes espalhados por áreas distantes.

1.3.2. Objetivos Específicos

Para atingir o Objetivo Geral aqui disposto, previamente serão alcançados os Objetivos Específicos a seguir:

- a) Mapear os requisitos mínimos de *software* e *hardware* dos roteadores Cisco necessários para operacionalização do serviço de Telefonia IP e de classificação de pacotes para QoS;
- b) Determinar critérios para classificação dos pacotes e da largura de banda necessária para tráfego de cada uma das classes definidas;
- c) Definir ferramenta de simulação que possibilite emular roteador Cisco com os firmwares originais no intuito de obter alta confiabilidade antes da aplicação do projeto em ambiente produtivo;
- d) Projetar topologia de rede de dados com suporte a Telefonia IP, definindo as configurações baseadas nos critérios de classificação já determinados;
- e) Validar a eficiência do sistema proposto a partir da geração de tráfegos específicos para estresse da rede obtendo informações de utilização e descartes nas interfaces envolvidas.

1.4. JUSTIFICATIVA

Este estudo atende à uma antiga motivação pessoal de se configurar um sistema de telefonia IP desde a configuração básica, passando pelo tema de qualidade de serviço e findando na aplicação e verificação de seu funcionamento, mas sempre tem se esbarrado no custo de implantação de um laboratório real destes equipamentos.

Com o desenrolar deste estudo foi possível utilizar em prática os conhecimentos de redes adquiridos durante a especialização como desenho de topologia, definição de endereçamento IP e utilização de listas de acesso.

Após contato com entusiastas que dividem a mesma paixão por redes e telefonia em diversos fóruns de discussão e por profissionais renomados da área, foi possível saber que hoje já existem *softwares* gratuitos que permitem emular os

equipamentos em ambiente virtualizado, reacendendo a motivação pessoal de efetuar um laboratório prático de telefonia IP e possibilitando concretizá-la após a conclusão desta pesquisa.

O resultado final deste trabalho é destinado às pequenas e médias empresas que pretendam reduzir seus custos com comunicação interna por intermédio da utilização de serviço de Telefonia IP que executem em roteadores, maximizando a utilização da sua infra-estrutura atual, mas que não possam arcar com aluguel de equipamentos para teste da topologia desejada, e que não possam parar/arriscar o ambiente em produção, necessitando de uma solução de baixo custo para validar e ampliar a comunicação de seus serviços.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

De acordo com os critérios de classificação de pesquisas mencionados por Gil (2010), o propósito desta pesquisa se enquadra no campo das pesquisas explicativas, nas quais ciências naturais se utilizam quase exclusivamente do método experimental.

Quanto à definição de sua natureza a pesquisa é aplicada e, como o próprio nome indica, caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados, imediatamente, na solução de problemas que ocorram na realidade (MARCONI; LAKATOS, 2006, 289p.).

Por ter objetivo de avaliar os impactos do comportamento das mudanças no ambiente de uma forma virtualizada previamente a aplicação em um ambiente corporativo produtivo, também tem o caráter experimental, pois “Descreve o que será” quando há controle sobre determinados fatores e sua importância se encontra na relação causa e efeito (BEST, 1972 apud MARCONI, 2006).

Hymann(1967 apud MARCONI, 2006, p. 20) também afirma que levantamentos explicativos, avaliativos e interpretativos, que têm como objetivos a aplicação, a modificação e/ou a mudança de alguma situação ou fenômeno, classificam uma pesquisa como experimental.

Além da experimentação, informações também serão retiradas de pesquisas bibliográficas. A pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já

elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos (GIL, 2010, p. 44).

A característica predominante desta pesquisa é a de Exploração Técnica, Sistemática e Exata, pois se concentra no campo onde o investigador, baseando-se em conhecimentos teóricos anteriores planeja cuidadosamente o método a ser utilizado, formula problema e hipóteses, registra sistematicamente os dados e os analisa com a maior exatidão possível. Para efetuar a coleta dos dados, utiliza instrumentos adequados, emprega todos os meios mecânicos possíveis, a fim de obter maior exatidão na observação humana, no registro e na comprovação de dados (BEST, 1972 apud MARCONI, 2006).

Os dados a serem tratados são qualitativos. Se eles já foram classificados em virtude de necessidades técnicas anteriores, o processo é simples, mecânico; mas, se ainda não foram estabelecidas categorias distintas, o problema torna-se mais complexo (MARCONI; LAKATOS, 2006, 289p.)

Para facilitar o entendimento de todo o processo a ser realizado nesta pesquisa, foi decidido segmentar as etapas a serem concluídas para o correto andamento nos tópicos seguintes:

1.5.1. Pesquisa Bibliográfica:

- Mapeamento dos requisitos mínimos de *software* e *hardware* dos roteadores Cisco® para operacionalização de Telefonia IP;
- Identificação de ferramentas de emulação de roteadores que possibilitem a utilização do *firmware* original do equipamento e a reprodução fiel do ambiente produtivo com todas as funcionalidades desejadas;
- Levantamento de componentes necessários para simulação de um ambiente de rede típico de pequenas empresas;
- Demarcação de ferramentas de geração de tráfego específico para possibilitar análise de dados.

1.5.2. Desenho de Topologia de Rede Simples:

- Esboço de topologia destinada a uma pequena empresa após definição de ferramenta de simulação;
- Criação de configuração;
- Teste de conectividade;
- Teste de estresse na rede

1.5.3. Desenho de Topologia de Rede Multimídia

- Análise das necessidades de adequação na topologia de rede de dados para funcionamento de voz sobre mesma infra-estrutura;
- Determinação de limiares de qualidade de serviço (QoS) para comunicação de voz e dados simultâneos, sedimentados em pesquisa bibliográfica prévia e previsão de utilização futura;
- Atualização da topologia;
- Habilitação e configuração do serviço de telefonia IP no roteador;
- Configuração de Políticas de priorização de tráfego no roteador;
- Testes de conectividade;
- Testes de Comunicação Telefônica.
- Teste de estresse na rede e os efeitos na voz

1.5.4. Conclusões

- Avaliações finais sobre qualidade do serviço de telefonia sobre rede de dados;
- Pareceres finais sobre os benefícios e prejuízos de priorização dos tráfegos;

- Sugestão de trabalhos futuros advindos do desenrolar da pesquisa;

1.6. EMBASAMENTO TEÓRICO

Com a intenção principal de simular o projeto de convergência de comunicação de voz sobre rede de dados, destinado à utilização dos resultados dos estudos por pequenas e médias empresas, esta pesquisa alicerça seu conteúdo principalmente nos conhecimentos disponibilizados por Tanenbaum (2003), Kurose e Ross (2006), Ranjbar (2007) e Filippetti (2008).

A fundamentação teórica, nos campos de rede de computadores e dos protocolos de comunicação e roteamento, é formada principalmente pelas contribuições de Tanenbaum(2003) e Kurose e Ross(2006). Temas mais relacionados com especificidades dos equipamentos Cisco® foram retirados dos livros de Ranjbar(2007) e Filippetti(2008).

Quanto as técnicas para andamento da pesquisa, foram utilizados os conhecimentos proporcionados por Gil(2010) e por Marconi e Lakatos(2006).

1.7. ESTRUTURA

A monografia é formada por uma divisão em 6 partes, divididas em capítulos específicos, que são complementares entre si.

No Capítulo 1, são apresentados os assuntos introdutórios como Tema, Problema e Premissas, Objetivos Gerais e Específicos, Justificativa, Procedimentos Metodológicos, Embasamento Teórico, Estrutura e Cronograma.

O Capítulo 2 aborda a definição da topologia base de estudo, pesquisa dos gerenciadores de chamada, escolha de ferramentas de virtualização de desktops , emulação de roteadores, geração e monitoramento de tráfego e análise de pacotes.

No Capítulo 3, é discorrido a respeito do estudo e da projeção de chamadas concorrentes através da WAN, dos cálculos de consumo de banda para chamadas

de voz sobre IP (VoIP) de diferentes codecs além da previsão de necessidade de largura de banda do enlace.

A topologia básica de rede simples para uma pequena empresa, as configurações dos equipamentos, os testes de estresse e a coleta dos resultados do tráfego desta rede, serão abordados no Capítulo 4.

Os fundamentos da telefonia IP e os seus componentes, a configuração do gerenciador de chamadas, a geração de tráfego para incrementar os dados transmitidos, a análise dos efeitos causados pela falta de priorização de tráfego e a definição de políticas para garantia de qualidade na voz, são demonstrados no Capítulo 5.

As considerações finais e as propostas para trabalhos futuros são apresentadas no capítulo 6.

Ao final deste trabalho, estão presentes os elementos pós-textuais, como referências, anexos e apêndices..

2 ARQUITETURA DO LABORATÓRIO DE ESTUDO

Este capítulo abordará a definição da topologia base de estudo, uma breve pesquisa à respeito das versões existentes do gerenciador de chamadas IP, a definição das ferramentas de virtualização de desktops e emulação de roteadores para possibilitar o estudo em laboratório do comportamento da infraestrutura futura, a escolha das ferramentas de análise de pacotes e de geração e monitoramento de tráfego. .

2.1. TOPOLOGIA BASE

A definição da topologia base de estudo foi elaborada partindo da simplificação da infra-estrutura recorrente nas pequenas empresas que possuam mais escritórios além de sua sede.

Para desenho da topologia, foi considerada a existência de dois escritórios geograficamente dispersos, com roteadores Cisco[®], conectados através de uma conexão *Wide Area Network* (WAN) serial do tipo *Point to Point Protocol* (PPP) com um circuito contratado de um fornecedor de serviços de telecomunicações devidamente licenciado pela Agência Nacional das Telecomunicações (ANATEL).

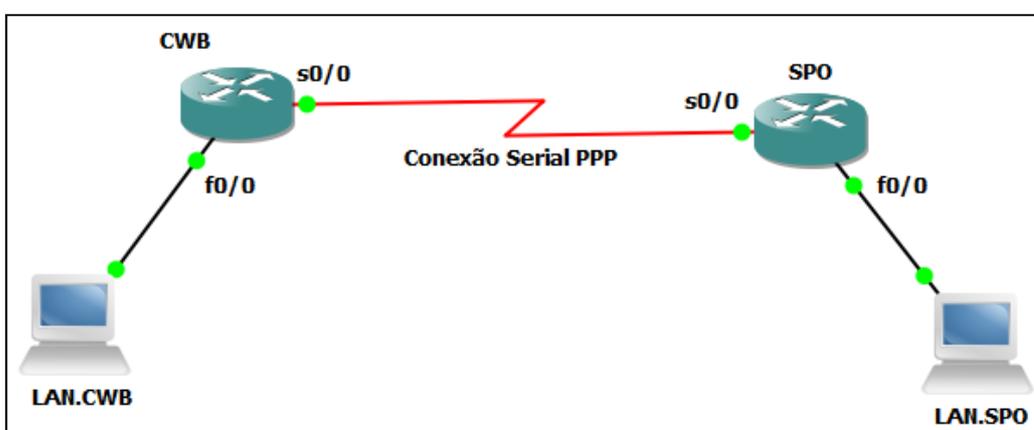


Figura 1 - Topologia Base dos Estudos
Fonte: Autoria Própria (2011)

Como o propósito base deste estudo é a adequação de infraestrutura de acesso já existente, não serão detalhados os protocolos de enlace e roteamento disponíveis, mas serão considerados no processo de atualização da infraestrutura para permitir o correto funcionamento da tecnologia de telefonia IP.

2.2. VERSÕES DO GERENCIADOR DE CHAMADAS

De acordo com Cisco (2004), existem duas maneiras de se instalar um gerenciador de chamada do sistema de Telefonia IP Cisco: Cisco *Unified Callmanager*[®] (CUCM) e Cisco *Unified Callmanager Express*[®] (CME). O CME é uma versão reduzida do CUCM, que possui muitas das funcionalidades básicas que são necessárias em um ambiente de pequenos escritórios (SOHO) e controla até 240 aparelhos, além de ser possível executá-lo diretamente de um roteador com o IOS apropriado.

Cisco (2004) também afirma que a versão do CUCM *Standalone* (que vem em equipamento próprio) pode suportar de 1 até 30.000 aparelhos por *cluster*, limitando-se a quantidade de licenças adquiridas, além de fornecer funcionalidades avançadas e resiliência na infraestrutura.

A intenção principal deste estudo é a simulação do comportamento sem a necessidade da aquisição de equipamentos, respeitando a infraestrutura existente e utilizando-se do *firmware* já disponível no dispositivo. Sendo assim, a versão mais apropriada observada é a do CME, restando somente agora verificar qual *release* mais apropriado para possibilitar a simulação virtual.

2.2.1. Versões do CME

Para evitar custos com aquisição de aparelhos de Telefonia IP, será necessária a utilização de um telefone por software (*softphone*). Um *softphone* homologado pela Cisco[®] para operar com o protocolo *Skiny Call Control Protocol* (SCCP), de sua propriedade, é o Cisco[®] *IP Communicator* (CIPC). Existem outros

produtos que também são compatíveis mas, por não serem reconhecidos pela Cisco, ficarão fora deste estudo.

Através da consulta da Matriz de Localização do CME, é identificada a necessidade de se utilizar a versão 4.1 do CME para suportar CIPC (CISCO, 2011).

2.2.2. Versões do *Firmware* do Equipamento

Identificada a versão mínima do CME para suporte ao CIPC, é necessário agora definir a versão mínima do firmware do roteador, no caso o Cisco® *Internetwork Operating System* (IOS).

De acordo com a matriz de compatibilidade do software CME com as versões do Cisco IOS, à partir das versões do IOS 12.4(15)T7⁸, 12.4(15)T^{5,7} e 12.4(11)XJ, é possível executar o CME 4.1 apropriadamente, devendo ser considerados para este estudo somente os equipamentos que supram ou superem estas configurações. (CISCO, 2011).

2.3. FERRAMENTA DE EMULAÇÃO DE ROTEADORES

2.3.1. Dynamips® com interface GNS3®

Dentre os critérios de seleção de ferramentas de emulação de roteadores apresentados por Filippetti (2008, p. 48), para o correto desenrolar da pesquisa, foi identificado que o software deve ser de domínio público, que possibilite múltiplos eventos dentro de um mesmo PC, que possibilite interconexão virtual e real dos elementos envolvidos, que suporte as versões do IOS necessárias para a compleção deste laboratório e que possua controle centralizado.

Após uma análise dentre as ferramentas disponíveis, identificou-se que o Software mais apropriado para emulação de roteadores é o

Dynamips[®] (<http://www.dynagen.org>) juntamente com a utilização da interface de usuário GNS3 (<http://www.gns3.net>), pois facilita a integração usuário-máquina.

2.4. FERRAMENTA DE VIRTUALIZAÇÃO DE DESKTOPS

2.4.1. VMware[®] Workstation 7 (Versão de teste)

Para escolher uma ferramenta de virtualização de *Desktops* apropriada, foi determinado que a ferramenta deve dispensar licenciamento ou possibilitar uso de teste (*Trial period*), permitir a criação de subredes virtuais que não sejam intercomunicáveis sem roteamento apropriado, virtualizar os mais variados sistemas operacionais e configurações possíveis, possuir uma vasta biblioteca de .máquinas virtuais (VMs) prontas para utilização.

Foram pesquisadas diversas ferramentas, muitas atingiam diversos dos critérios propostos, mas somente o VMware[®] Workstation 7 supriu todos os pré-requisitos.

Partindo dessa escolha, foram configurados 2 *Desktops* utilizando-se de configurações e *templates*-padrão para o sistema operacional Microsoft[®] Windows XP 32bits SP3, com 256MB de RAM cada, e adicionadas as interfaces a 2 subredes virtuais que foram configuradas no editor de redes do VMWare[®] Workstation.

2.5. FERRAMENTA DE ANÁLISE DE PACOTES

2.5.1. Wireshark[®]

A escolha da ferramenta de análise de pacotes foi feita em conjunto com a ferramenta de emulação de roteadores, principalmente pela necessidade de comunicação com a mesma.

O Wireshark[®], que já está integrado no GNS3[®] - é um aplicativo que é reconhecido pelos profissionais de redes desde versões anteriores do Ethereal[®].

De acordo com o site do *software* (<http://www.wireshark.org/about.html>), é o aplicativo de análise de protocolos mais conhecido e utilizado mundialmente. É multi-plataforma, permite captura dos dados ao vivo e análise *offline*, reconhece uma grande quantidade de protocolos, inclusive com análise de protocolos VoIP mais complexos.

Outro fator que pendeu para a escolha desta ferramenta é o conhecimento prático da operação deste *software*.

2.6. FERRAMENTA DE GERAÇÃO DE TRÁFEGOS

2.6.1. IPerf

A decisão pelo uso do IPerf se segmentou na necessidade de utilizar uma ferramenta que não se utilizasse de muito dos recursos da máquina virtual e que pudesse simular tráfegos com pacotes de tamanhos variados e com diferentes portas, simulando também um comportamento cliente-servidor.

2.7. FERRAMENTA DE MONITORAMENTO DE DISPOSITIVOS

2.7.1. Cacti

Como critérios decisórios para escolha da ferramenta de monitoramento de dispositivos a necessidade da análise de utilização da banda dos circuitos e de disponibilidade dos ativos a partir de um servidor centralizado, além da obrigatoriedade dessa ferramenta já estar previamente instalada para reduzir tempo de configuração de um novo dispositivo, tenderam para a escolha da versão de appliance de máquina virtual para VMWare do Cacti (<http://www.cacti.net>).

As necessidades da configuração do endereçamento da interface de rede dentro de uma rede virtual específica e integrante deste laboratório, no caso a subrede de Curitiba, e do serviço SNMP para recebimento das informações dos dispositivos, não serão destacadas pois não são base de estudo para o propósito principal de fazer os testes em laboratório, mas sim são processos de configuração desta ferramenta de monitoramento.

2.8. HOSPEDEIRO DA INFRAESTRUTURA VIRTUALIZADA

O hospedeiro para a realização do laboratório é um notebook de uso pessoal da marca CCE®, modelo T25, com sistema operacional Microsoft Windows 7® 32bits, com Processador Intel Core i3® M350 2.27GHz e com 3GB de memória DDR3 1333MHz.

3 ANÁLISE DE PARÂMETROS PARA O LABORATÓRIO

Neste capítulo será discorrido sobre o estudo e a projeção de quantidade de chamadas concorrentes através da WAN, bem como cálculo de banda necessária para ligações através da utilização dos *codecs* G.711 e G.729, após estes cálculos, será previsto a largura de banda do circuito necessária para prover continuidade na prestação de serviços de dados mesmo após reserva de um percentual para manter a qualidade de serviço (QoS).

3.1. CALCULO DE BANDA PARA UMA CHAMADA VOIP

Antes de efetuar o cálculo de banda a ser reservada para o tráfego de voz, é importante efetuar uma análise da exata quantia de banda necessária para cada chamada VoIP. Os impactos do tamanho dos pacotes, *overhead* da Camada 2 do modelo *Open Systems Interconnection* (OSI), de tunelamento e segurança, devem ser considerados(RANJBAR, 2007)

O modelo proposto por Ranjbar(2007), menciona alguns passos que devem ser seguidos, conforme os seguintes sub-tópicos deste:

3.1.1. Codec e período de empacotamento

Codecs diferentes geram taxas diferentes de *bits* por segundo, que geralmente vão de 5,3Kbps à 64Kbps, variando de acordo com o algoritmo de compactação utilizado pelo mesmo. A quantidade de amostras que já foram digitalizadas que são encapsuladas em um pacote IP determinam o período de empacotamento. Por padrão, os dispositivos Cisco® possuem um período de 20ms para empacotamento, ou seja, 2 amostras de voz digitalizadas de 10ms por pacote (RANJBAR, 2007).

Codecs considerados para o laboratório:

- G.711: utiliza 64Kbps de banda e a amostra de voz digitalizada não recebe nenhuma compressão, ou seja, é o sinal *Pulse Code Modulation* (PCM) sem alterações;
- G.729: utiliza apenas 8Kbps de banda por utilizar algoritmos de compressão.

3.1.2. Informações do Enlace

Neste passo é importante avaliar em qual protocolo de camada de enlace e qual o *overhead* proporcionado pelo mesmo.

No caso deste estudo, o protocolo de enlace é o PPP, que encapsula os dados em um quadro e gera um cabeçalho adicional de 6 bytes a cada pacote de voz.

3.1.3. Tamanho do empacotamento

O calculo resultante será referente a parte dos dados a serem transmitidos que realmente é importante de se obter na outra ponta, ou seja, o *payload* da Voz.

De acordo com Ranjbar(2007), ao se multiplicar a banda do Codec utilizado pelo período de empacotamento e dividindo seu resultado por 8, obtém-se o tamanho do *payload* de voz em bytes. Como o período de empacotamento é expresso em milissegundos, deve-se dividir o resultado final por 1000 para obter a taxa em segundos.

Como exemplo, se for utilizado o *codec* G.729 com a banda de 8Kbps e período de empacotamento de 20ms, o *payload* de voz vai igualar a 20 bytes. Onde: 8000 (bps) multiplicado por 0.020 (segundos) e dividido por 8 (*bits* por *byte*) resulta em 20 *bytes*.

3.1.4. Tamanho do Quadro

Para calcular o tamanho do quadro que efetivamente será transmitido, mesmo com informações que não são integrantes da comunicação de voz propriamente dita (*overhead* de informação), devem ser considerados os cabeçalhos dos protocolos IP, UDP e do *Realtime Protocol* (RTP). Eventuais cabeçalhos de protocolos de tunelamento e de protocolo de enlace de dados, também devem ser contabilizados no tamanho final do quadro.

Observando que, independente do codec escolhido para a comunicação, os *bytes* adicionados pelos cabeçalhos anexados *payload* de voz são os seguintes: 40 *bytes* para RTP, UDP e IP, 6 *bytes* para o encapsulamento no protocolo PPP, resulta em 46 *bytes* de *overhead* ocasionado pelos cabeçalhos. Considerando que o *payload* é de 160 *bytes* para o codec G.711 e de 20 *bytes* para o codec G.729, o tamanho de quadro final resulta em 206 e 66 *bytes*, respectivamente.

3.1.5. Taxa de Pacotes

Tomando como base a premissa de que a taxa de pacotes em um segundo é o inverso do período de empacotamento (já convertido em segundos), obtém-se que taxa de pacotes de voz resultantes em cada segundo será de 50 pps (*packets per second*).

3.1.6. Banda total consumida em uma chamada

A banda total é computada pelo resultado da multiplicação do tamanho do quadro total convertido em *bits* e multiplicado pela taxa de pacotes. Na Tabela 1 é possível observar que, para o *codec* G.711 é calculado um consumo final de 82,4 kbps e, em contrapartida, de 26,4 kbps do *codec* G.729.

Tabela 1 - Banda total consumida em uma chamada

Codec	G.711	G729
Período de Empacotamento (segundos)	0,02	0,02
Banda do Codec (bps)	64000	8000
Payload (bytes)	160	20
Cabeçalhos IP, UDP e RTP (bytes)	40	40
Cabeçalho PPP (bytes)	6	6
Quadro (bytes)	206	66
Taxa de Pacotes (pps)	50	50
Quadro (bits)	1648	528
Banda Total Consumida (bps)	82400	26400
Banda Total Consumida (kbps)	82,4	26,4

Fonte: Autoria Própria (2011)

3.2. RESERVA DE BANDA PARA QUALIDADE DE SERVIÇO

Para a reserva de banda para o tráfego total de voz com garantia foi considerado, inicialmente, um número de 6 chamadas de voz simultâneas trafegando na rede WAN com o *codec* G.711.

O resultado que se obteve dessa consideração, relacionado com a banda total consumida por este codec, 82400 bps, resulta na necessidade de 494,4 kbps de banda necessária para o tráfego do *payload* de voz somado ao *overhead* dos protocolos envolvidos.

Esta constatação faz com que se reserve aproximadamente 512kbps somente para voz e, como se deseja garantir também o tráfego para as informações de outros dados, deverá ser atualizada a banda de enlace para 1024kbps, fato que será abordado em capítulo posterior deste estudo.

As regras de classificação, marcação e priorização dos tráfegos trocados entre estes escritórios, serão mencionadas posteriormente neste estudo.

4 TOPOLOGIA DE REDE DE DADOS

O endereçamento IP dos dispositivos, a configuração dos roteadores deste estudo e um teste de estresse da rede entre os escritórios serão descritos neste capítulo.

4.1. CONFIGURAÇÃO DE REDE DE DADOS

Como já anteriormente descrito neste estudo, foi considerada uma topologia de comunicação de uma pequena empresa que possua apenas 1 filial dispersa geograficamente e que já possua uma conexão ponto a ponto com banda de 512kbps para interligação de rede de dados.

Na Figura 2, presente no tópico 2.1 deste estudo, é mostrada a topologia base desses estudos. Antes de prosseguir com as mudanças necessárias nas configurações já pré-existentes, será apresentado o cenário atual para melhor compreensão.

4.1.1. Endereçamento IP

Para endereçar corretamente as interfaces e possibilitar a intercomunicação das localidades via WAN foram definidas três sub-redes:

- Sub-rede de Curitiba:
 - IP da Sub-rede: 172.16.60.0
 - Máscara da Sub-rede: 255.255.255.0
 - Gateway da Sub-rede: 172.16.60.1
 - Desktop representando a LAN_CWB: 172.16.60.50

- Sub-rede de São Paulo:
 - IP da Sub-rede: 172.16.90.0
 - Máscara da Sub-rede: 255.255.255.0
 - Gateway da Sub-rede: 172.16.90.1
 - Desktop representando a LAN_SPO: 172.16.90.50
- Sub-rede de comunicação WAN:
 - IP da Sub-rede: 10.0.0.0
 - Máscara da Sub-rede: 255.255.255.252
 - IP Wan Curitiba (CWB): 10.0.0.1
 - IP Wan São Paulo (SPO): 10.0.0.2

Para facilitar o entendimento, a Figura 3 apresenta as definições acima listadas:

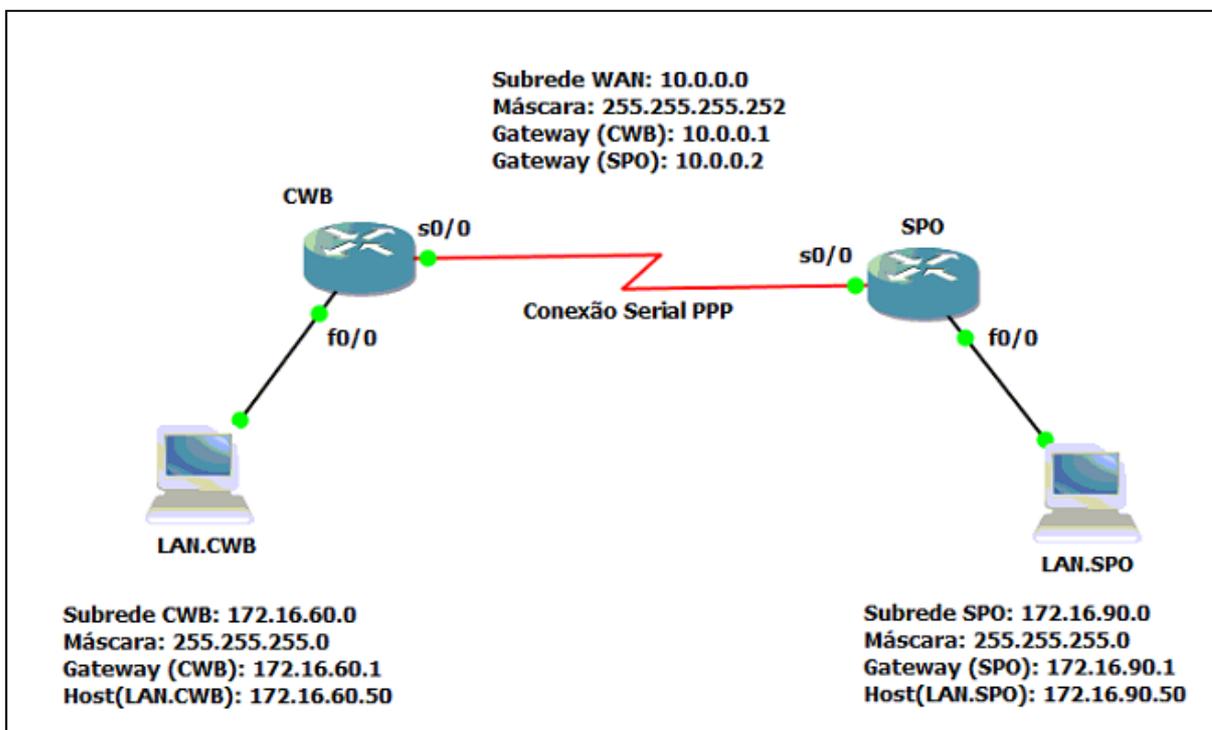


Figura 2 - Endereçamento dos Dispositivos da Rede de Laboratório
Fonte: Autoria Própria (2011)

4.1.2. Configuração Roteador Curitiba

Após já se ter carregado as imagens dos *firmwares* dos roteadores no software GNS3 e montada a topologia conforme Figura 3, utilizando como imagens para os roteadores a imagem carregada no *software*, já é possível habilitar as configurações.

Também foram configurada sub-redes virtuais no VMWare para que, através de interfaces de rede virtuais, haja a comunicação entre os *desktops* e as interfaces de rede dos roteadores.

O arquivo de configuração da topologia base, que permite a comunicação da rede local(LAN.CWB) com a rede remota(LAN.SPO), partindo do escritório localizado em Curitiba está disponível no Quadro 1:

```
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname CWB
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
memory-size iomem 5
no network-clock-participate aim 0
no network-clock-participate aim 1
no aaa new-model
ip subnet-zero
!no ip domain lookup
ip cef
!
interface FastEthernet0/0
ip address 172.16.60.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
!
```

```

interface Serial0/0
  description CONEXAO-PPP-SPO
  bandwidth 512
  ip address 10.0.0.1 255.255.255.252
  encapsulation ppp
  clockrate 2000000
  !no ip http server
  ip classless
  ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Serial0/0
  !
  snmp-server community GESER2010 RO
  snmp-server location Roteador Curitiba & Callmanager Express
  snmp-server contact administrador@dominio.com
  snmp-server enable traps snmp authentication linkdown linkup coldstart warmstart
  snmp-server enable traps config
  snmp-server enable traps entity
  snmp-server enable traps ipmulticast
  snmp-server enable traps rsvp
  snmp-server enable traps syslog
  snmp-server enable traps voice poor-qov
  snmp-server host 172.16.60.128 GESER2010
  snmp-server host 172.16.60.128 public
  !
  control-plane
  !
  gatekeeper
  shutdown
  !
  line con 0
  exec-timeout 0 0
  logging synchronous
  line aux 0
  line vty 0 4
end

```

Quadro 1 - Arquivo de Configuração do Roteador CWB
Fonte: Autoria Própria (2011)

4.1.3. Configuração Roteador São Paulo

O arquivo de configuração da topologia base, que permite a comunicação da rede local com a rede remota, partindo do escritório localizado em São Paulo está disponível no Quadro 2:

```
version 12.3
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname SPO
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
memory-size iomem 5
no network-clock-participate aim 0
no network-clock-participate aim 1
no aaa new-model
ip subnet-zero
no ip domain lookup
ip cef
!
interface FastEthernet0/0
ip address 172.16.90.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
!
interface Serial0/0
description CONEXAO-PPP-CWB
bandwidth 512
ip address 10.0.0.2 255.255.255.252
encapsulation ppp
!
no ip http server
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Serial0/0
!
snmp-server community GESER2010 RO
snmp-server location Roteador Curitiba & Callmanager Express
snmp-server contact administrador@dominio.com
snmp-server enable traps snmp authentication linkdown linkup coldstart warmstart
snmp-server enable traps config
snmp-server enable traps entity
snmp-server enable traps ipmulticast
```

```
snmp-server enable traps rsvp
snmp-server enable traps syslog
snmp-server enable traps voice poor-qov
snmp-server host 172.16.60.128 GESER2010
snmp-server host 172.16.60.128 public
!

control-plane
gatekeeper
shutdown
!

line con 0
exec-timeout 0 0
logging synchronous

line aux 0

line vty 0 4
```

Quadro 2 - Arquivo de Configuração do Roteador SPO
Fonte: Autoria Própria (2011).

4.2. TESTE DE ESTRESSE NO TRÁFEGO DA REDE

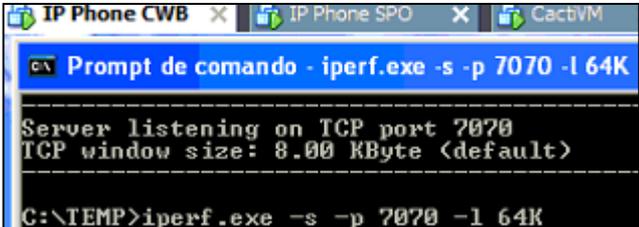
Para os testes de estresse no tráfego da rede, será utilizada a ferramenta IPerf e, para visualização do tráfego, será utilizada a ferramenta CactiEZ já previamente configurada e com os 2 roteadores da topologia adicionados a mesma.

4.2.1. Geração de Tráfego com o IPerf®

Com os desktops que representam as sub-redes de Curitiba e São Paulo devidamente configurados e endereçados na rede, é aberta uma janela do aplicativo Microsoft® *Command* e acessada a pasta aonde se encontra o Iperf®.

O funcionamento do Iperf® é análogo ao modelo cliente-servidor, ou seja, um dos *desktops* transmitirá e o outro receberá os dados enviados. Também é possível utilizar a ferramenta para simular outros tipos de tráfego, mas isso não será abordado por não fazer parte do escopo deste.

Com intuito de testar a interconectividade, de observar o consumo completo da banda disponível e de aferir que o circuito entrega a banda na sua totalidade, foram executados os comandos de Servidor em Curitiba (Figura 3) e de cliente em São Paulo (Figura 4), gerando tráfegos do protocolo TCP na porta 7070:

A screenshot of a Windows command prompt window. The title bar shows three open windows: 'IP Phone CWB', 'IP Phone SPO', and 'CactiVM'. The command prompt title is 'Prompt de comando - iperf.exe -s -p 7070 -l 64K'. The text in the window reads: 'Server listening on TCP port 7070', 'TCP window size: 8.00 KByte <default>', and 'C:\TEMP>iperf.exe -s -p 7070 -l 64K'.

```
Prompt de comando - iperf.exe -s -p 7070 -l 64K
Server listening on TCP port 7070
TCP window size: 8.00 KByte <default>
C:\TEMP>iperf.exe -s -p 7070 -l 64K
```

Figura 3 - Geração de Tráfego com Iperf – Servidor
Fonte: Autoria Própria (2011)

```

IP Phone SPO x CactiVM x
Prompt de comando
C:\TEMP>iperf.exe -c 172.16.60.50 -p 7070 -l 64k -t 3600_

```

Figura 4 - Geração de Tráfego com Iperf - Cliente
Fonte: Aatoria Própria (2011)

4.2.2. Monitoramento do tráfego Gerado

Após tempo de observação no software de monitoramento CactiEZ, observa-se que a comunicação atingiu o pico de tráfego aproximado a 512kbps, valor configurado e disponível para o circuito.

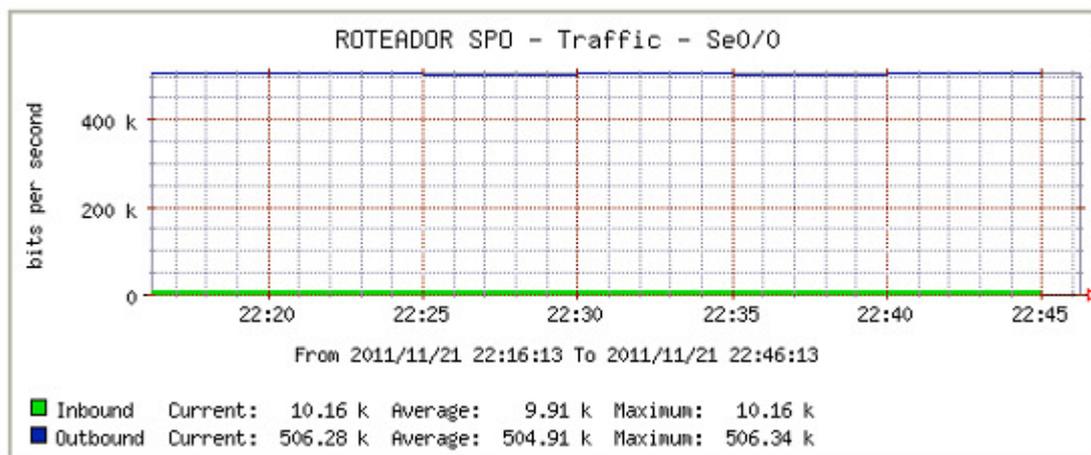


Figura 5 - Monitoramento de Tráfego de Rede de Dados roteador SPO
Fonte: Aatoria Própria (2011)

5 TOPOLOGIA DE REDE MULTIMÍDIA

Uma explicação dos fundamentos da telefonia IP e seus componentes, a configuração do gerenciador de chamadas, a geração de tráfego para incrementar os dados transmitidos, a análise dos efeitos causados pela falta de priorização de tráfego e a definição de políticas para garantia de qualidade na voz, serão abordados neste capítulo.

5.1. FUNDAMENTOS DE TELEFONIA IP

5.1.1. Benefícios da Telefonia comutada por Pacotes

De acordo com Ranjbar (2007), dentre os benefícios de se utilizar a telefonia IP encontram-se a otimização de banda e equipamentos, bem como a reflexiva redução e consolidação de custos por esta convergência, o aumento da produtividade dos empregados pela possibilidade de disponibilizar funções avançadas nos dispositivos e a possibilidade de integração com variados tipos de dispositivos de comunicação (computadores, *smartphones*, dispositivos de rede) através da conectividade IP.

5.1.2. Componentes de um sistema de Telefonia IP

Ranjbar (2007) destaca que uma rede telefônica deve executar algumas funções básicas e outras opcionais. Para o correto funcionamento dessas características são requeridas a existência de equipamentos e operação apropriadas de diversos componentes.

Em um sistema de telefonia IP existem diversos formatos de telefones: analógicos, digitais, telefones IP, *softphones* (ex.: Cisco IP Communicator®).

Para possibilitar a interconexão de dispositivos que podem não necessariamente ser acessados diretamente da rede IP, são utilizados os *Gateways* (RANJBAR, 2007).

Acaso se deseje habilitar a função de conferência, é necessária a utilização de um *hardware* de controle de comunicação multiponto, *Multipoint Control Unit (MCU)*, para combinar os fluxos de voz de diversos participantes e devolvê-los a todos os participantes da conferência. Com intuito de prover as aplicações obrigatórias e opcionais, são utilizados servidores de aplicação, arquivos e base de dados (RANJBAR, 2007).

Dos *Gatekeepers* é possível obter dois tipos distintos de serviços: roteamento de chamadas, que basicamente significa resolver um número telefônico em endereço IP; e controle de admissão de chamadas, que permite ou rejeita a execução de uma inicialização de chamada (RANJBAR, 2007).

Os agentes de chamada, em um modelo de controle de chamadas centralizado, são os responsáveis por realizar o roteamento de chamadas, tradução de endereços, inicialização de chamadas e outras funções, em contrapartida de *gateways* e dispositivos finais (RANJBAR, 2007).

Os *Digital Signal Processors (DSP)* são usados em dispositivos que efetuam a conversão de sinais analógicos para digitais e vice-versa. Através da utilização de algoritmos de codificação e decodificação (*CODEC*) como o G.729, os DSPs também possibilitam que os sinais sejam comprimidos e até mesmo transcodificados (transformados de um tipo de sinal para outro, como de G.711 para G.729). Estão presentes em equipamentos finais, como telefones IP e MCUs e também em *gateways* (RANJBAR, 2007).

É muito importante que sejam diferenciados claramente os conceitos de sinal digital e VoIP. Nos sistemas telefônicos atuais, uma das primeiras ações na comunicação de voz é digitalizar a voz analógica, tanto para uma chamada que simplesmente trafega na PSTN quanto para uma chamada que passa pela rede IP.

A diferença é que para o correto funcionamento da telefonia comutada por pacotes, também é necessária a utilização de sinalização de voz através de rede IP, além da necessidade de converter e segmentar a voz analógica em pacotes e efetuar o transporte através do uso de protocolos como o *Real Time Protocol (RTP)*.

5.1.3. Sistemas de Controle de Chamadas

Ranjbar(2007) destaca que existem dois modelos para o controle das chamadas: sistema distribuído e centralizado.

Em um sistema distribuído, diversos dispositivos estão envolvidos no estabelecimento, manutenção, finalização de chamadas e outros aspectos de controle de chamadas. Isto reflete em mais responsabilidades para os dispositivos finais como *gateways* com interfaces FXS e telefones, pois necessitam monitorar ativamente a qualidade da ligação e tomar ações caso limiares sejam superados.

Já em um sistema centralizado, os dispositivos finais são poupados de algumas tarefas como roteamento, estabelecimento, manutenção e finalização de chamadas, pois um agente de chamadas (CA) centralizadamente controla essas características através do *gatekeeper* e se responsabiliza por manter o sistema funcionando apropriadamente.

Após analisar as características, fica mais claro o entendimento de que um sistema de controle de chamadas centralizado facilita o gerenciamento do sistema de telefonia, mas também pela sua característica, exige que sua infraestrutura tenha o maior grau de tolerância à falhas possível para continuar provendo o serviço de voz sobre rede IP sem interrupções.

5.1.4. Modelo de Processamento de Chamadas Centralizado com *Multisite*

Neste modelo, os servidores de aplicação são configurados em um dos sites, geralmente no site central, e todos os dispositivos como telefones e *gateways* de voz em todos os sites estão sob o domínio de controle do site principal. Mesmo que um dispositivo de um site remoto chame outro dispositivo no mesmo site, o tráfego de sinalização deverá passar através da comunicação WAN (RANJBAR, 2007).

5.2. HABILITANDO A TELEFONIA IP

5.2.1. Definindo o *Gatekeeper*

O primeiro passo antes da configuração é definir o *gatekeeper*, ou seja, definir o equipamento que será responsável, no modelo centralizado, por rotear, estabelecer, manter e finalizar as chamadas. Como na topologia básica foi considerado que o *site* principal é o de Curitiba, será feita toda a configuração específica para funcionamento do sistema de telefonia no roteador em questão.

A Figura 7 apresenta que neste modelo a única mudança que irá correr será a conversão do roteador é a habilitação do serviço de voz:

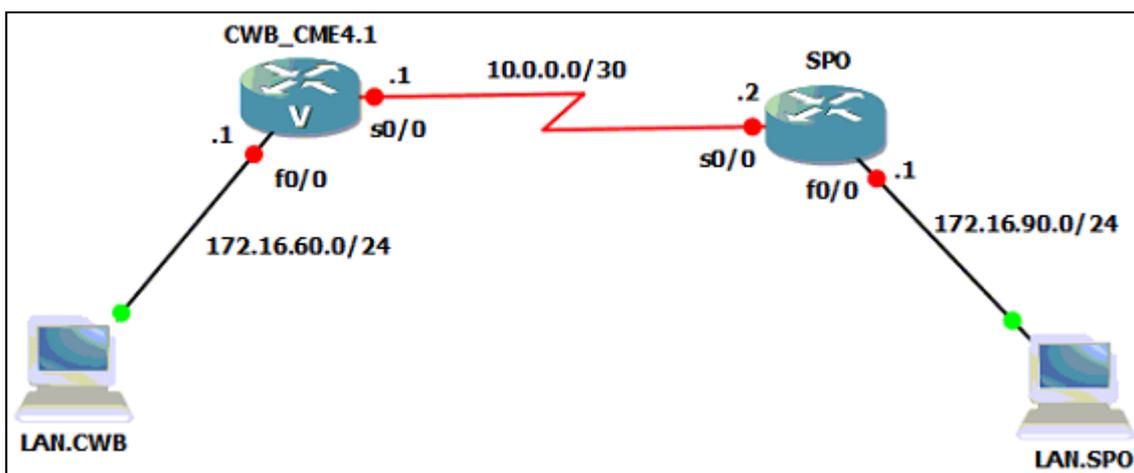


Figura 6 - Roteador CWB transformado em *Gatekeeper*

Fonte: Autoria Própria (2011)

5.2.2. Configurando o CME

Para habilitar o CME nos roteadores, além de possuir roteador com *hardware* e *firmware* compatíveis com o serviço a ser habilitado, poderá ser necessária a aquisição de licenças.

Como a viabilidade financeira deste estudo não está sendo avaliada mas sim os ajustes necessários para o funcionamento apropriado do sistema em uma rede com infraestrutura já existente, não foram abordados estes aspectos financeiro-comerciais. Importante salientar que acaso vislumbre a possibilidade de aplicar este estudo deverão ser devidamente analisados estes impactos e estudado o coeficiente de retorno de investimentos (ROI).

Para inicializar as configurações, já na tela de console no modo de execução privilegiado, deve-se digitar os comandos seguindo o Quadro 3:

```
CWB#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
CWB(config)#telephony-service setup
```

Quadro 3 - Iniciando configuração do CME

Fonte: Aatoria Própria (2011)

Após executado o comando, será inicializado um assistente para configuração dos parâmetros mínimos para operacionalização do sistema e para permitir a configuração inter-ramais.

Inicialmente, é solicitado se há a necessidade da habilitação do protocolo de de configuração dinâmica de hosts (DHCP) para os dispositivos conectados mas, como é uma topologia com diversas sub-redes e os endereços já foram configurados manualmente para os dispositivos, não há necessidade de configurar este serviço.

Em seguida, o assistente requisita que seja dado o aceite para continuar a configuração. O primeiro dado relacionado a configuração do sistema, é o IP do sistema de telefonia, no caso foi utilizado o endereço do *gateway* de LAN de Curitiba, 172.16.60.1.

Posteriormente, é solicitada a porta do *Skinny Call Control Protocol (SCCP)*, a quantidade de telefones IP, se deve ou não ser habilitado duas linhas para os fones, o idioma e o tom de chamada da ligação, o primeiro número da sequência dos ramais, a habilitação de serviço de discagem direta ramal (*direct inward dial*) e se há necessidade de encaminhamento das chamadas para uma serviço de mensagem de voz . Fora a quantidade de fones e o primeiro número da seqüência de ramais, o

restante dos parâmetros foi deixado em padrão para estas configurações. O andamento das configurações pode ser acompanhado no Quadro 4:

```
--- Cisco IOS Telephony Services Setup ---
Do you want to setup DHCP service for your IP Phones? [yes/no]: no
Do you want to start telephony-service setup? [yes/no]: yes
Configuring Cisco IOS Telephony Services :
Enter the IP source address for Cisco IOS Telephony Services : 172.16.60.1
Enter the Skinny Port for Cisco IOS Telephony Services : [2000]: 2000
How many IP phones do you want to configure : [0]: 4
Do you want dual-line extensions assigned to phones? [yes/no]: no
What Language do you want on IP phones :
  0 English
  1 French
  2 German
  3 Russian
  4 Spanish
  5 Italian
  6 Dutch
  7 Norwegian
  8 Portuguese
  9 Danish
 10 Swedish
[0]: 0
Which Call Progress tone set do you want on IP phones :
  0 United States
  1 France
  2 Germany
  3 Russia
  4 Spain
  5 Italy
  6 Netherlands
  7 Norway
  8 Portugal
  9 UK
 10 Denmark
 11 Switzerland
 12 Sweden
```

```

13 Austria
14 Canada
[0]: 0
What is the first extension number you want to configure : [0]: 5050

Do you have Direct-Inward-Dial service for all your phones? [yes/no]: no

Do you want to forward calls to a voice message service? [yes/no]: no

Do you wish to change any of the above information? [yes/no]: no
CNF-FILES: Clock is not set or synchronized,
            retaining old versionStamps

---- Setup completed config ----

CWB(config)#
*Mar 1 00:14:33.663: %LINK-3-UPDOWN: Interface ephone_dsp DN 1.1, changed state to up
*Mar 1 00:14:33.663: %LINK-3-UPDOWN: Interface ephone_dsp DN 2.1, changed state to up
*Mar 1 00:14:33.663: %LINK-3-UPDOWN: Interface ephone_dsp DN 3.1, changed state to up
*Mar 1 00:14:33.663: %LINK-3-UPDOWN: Interface ephone_dsp DN 4.1, changed state to up

```

Quadro 4 - Configuração do CME

Fonte: Aatoria Própria (2011).

Como parâmetros adicionais, foi configurada a mensagem do sistema para UTFPR Geser 2010, conforme Quadro 5:

```

CWB(config)#telephony-service
CWB(config-telephony)#system message UTFPR Geser 2010

```

Quadro 5 - Configurando mensagem do Sistema

Fonte: Aatoria Própria (2011).

5.2.3. Configurando o CIPC

Após configurado o CME, é necessário anexar um telefone à infraestrutura para testar o funcionamento do Sistema. Como os testes foram feitos em laboratório virtualizado, foi escolhido um cliente de *softphone* compatível com o CME, no caso o CIPC.

A instalação do CIPC é de *software* padrão, ou seja, apenas é necessário iniciar o executável e seguir os passos descritos. Após instalação, um assistente de dispositivos de áudio fará diversas perguntas até a correta calibragem dos dispositivos. Nota-se que é importante prestar atenção em eventuais mensagens do sistema operacional solicitando liberação de acesso ao aplicativo.

Findada esta calibragem, o CIPC reinicializará e irá solicitar a inserção de um servidor de TFTP, que deverá ser configurado na aba *Network* e no campo TFTP, conforme Figura 8:

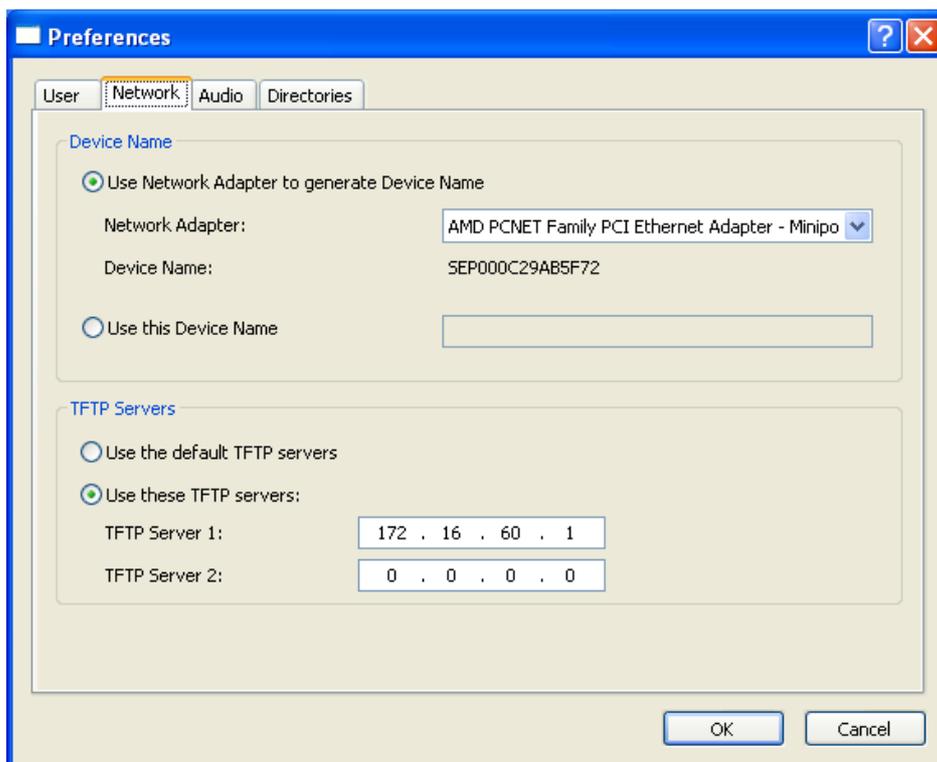


Figura 7 - Configurando servidor TFTP
Fonte: Aatoria Própria (2011).

Configurado o servidor TFTP, que será responsável por prover os arquivos de configuração ao *softphone*, deve-se prosseguir. Agora é o momento no qual o telefone irá se registrar. Os logs na sessão de console do roteador resultantes do registro deste *softphone*, considerando que o CIPC de SPO já se conectou, estão presentes no Quadro 6:

```
*Mar 1 01:49:45.287: %IPPHONE-6-REG_ALARM: 25: Name=SEP000C29AB5F72 Load= 7.0.2.0
Last=Initialized
*Mar 1 01:49:45.291: %IPPHONE-6-REGISTER_NEW: ephone-2:SEP000C29AB5F72
IP:172.16.60.50 Socket:2 DeviceType:Phone has registered.
CWB(config-telephony)#
reseting 000C.29AB.5F72
*Mar 1 01:49:47.351: %IPPHONE-6-UNREGISTER_NORMAL: ephone-2:SEP000C29AB5F72
IP:172.16.60.50 Socket:2 DeviceType:Phone has unregistered normally.
CWB(config-telephony)#
*Mar 1 01:49:52.659: %IPPHONE-6-REG_ALARM: 22: Name=SEP000C29AB5F72 Load= 7.0.2.0
Last=Reset-Reset
*Mar 1 01:49:52.667: %IPPHONE-6-REGISTER: ephone-2:SEP000C29AB5F72 IP:172.16.60.50
Socket:2 DeviceType:Phone has registered.
```

Quadro 6 - Registro do CIPC de CWB
Fonte: Aatoria Própria (2011).

5.2.4. Teste de Ligação

Com os ramais devidamente autenticados e registrados no CME através dos aplicativos CIPC das localidades de CWB e SPO, é feito um teste de ligação entre os ramais 5050 (SPO) e 5051(CWB). Importa salientar que neste modelo não há distinção do direcionamento dos ramais em detrimento dos IPs das localidades, mas o CME poderá suportar diferenciação através de customizações efetuadas nas suas configurações

No ramal 5050, é discado o telefone do ramal 5051 e, no ramal 5051, aparece a solicitação de atendimento de chamada, conforme visualizado na Figura 8:



Figura 8 - Ligação recebida no ramal 5051 do ramal 5050
 Fonte: Autoria Própria (2011).

Simultaneamente as ligações, foi utilizada a aplicação *Wireshark* para a captura das informações trocadas entre os aparelhos e, conforme Figura 9, é identificado o pacote do protocolo de sinalização SCCP trocando informações com o IP do CIPC de SPO exatamente no momento da ligação do ramal 5050 destino 5051:

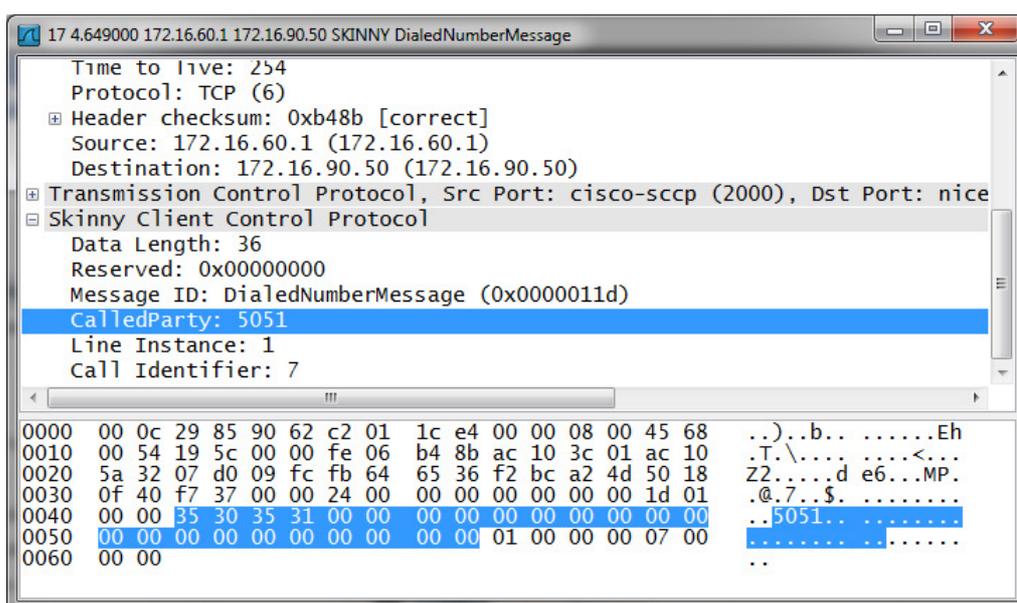


Figura 9 - Captura na interface Fa0/0 roteador SPO - Número discado 5051
 Fonte: Autoria Própria (2011)

Na Figura 10, observa-se que a ligação permaneceu ativa mesmo após quase 32 minutos de ligação passando através da rede WAN.



Figura 10 - Ligação após 31 minutos de duração
Fonte: Autoria Própria (2011)

5.3. GARANTINDO QUALIDADE DE VOZ

5.3.1. Motivos para uso de QoS

Durante a ligação de teste, que utilizou por padrão o codec G.711, foi constatada uma ótima qualidade de voz e de volume no áudio da ligação. Não haviam “picotes” na voz durante o período que somente a ligação trafegava no circuito WAN.

Após iniciar o processo de geração de tráfego, conforme já mencionado no tópico 4.2.1 deste, justamente no intuito de perceber a qualidade final da voz quando existir tráfego de dados sem a priorização começou a se perceber a existência de falhas na voz, uma aparente digitalização da mesma, até que por fim a quantidade de picotes deixava a comunicação impossível.

A partir dessa observação e da consideração de que o tráfego de dados é feito em diversas rajadas por dia e, por mais que o enlace esteja sobredimensionado para a maioria dos momentos, é possível que ocorram situações de estresse no *link* que impactuem nos resultados da qualidade da voz.

Sendo assim, a necessidade de classificar e priorizar os tráfegos que passam através de um enlace WAN torna-se extremamente necessária para uma empresa que pretende reduzir os gastos com comunicação interna pelo compartilhamento da infraestrutura de dados com uma infraestrutura de voz.

5.3.2. Serviços Diferenciados

O método escolhido para o provimento da qualidade de serviços é o da diferenciação de serviços.

Serviços diferenciados (DiffServ) são destinados a fornecer um padrão de operação e construção que permita a implantação da discriminação de serviços escaláveis através da Internet.

Encaminhar pacotes é uma tarefa relativamente simples mas que precisa ser feita após a uma análise de pacote realizada o mais rápido que for possível. Para encaminhamento, usa-se o cabeçalho do pacote a fim de encontrar uma entrada na tabela de roteamento que determine a interface pelo qual o pacote deva sair. (NICHOLS,1998)

A arquitetura DiffServ define o campo DiffServ (DS), que substitui o campo ToS no IPv4 para realizar as decisões de comportamento por salto (*per-hop behaviour* (PHB) *decisions*), à respeito das funções de classificação e condicionamento como medida, marcação, achatamento e policiamento do tráfego.

5.3.3. Desenho da Classificação, Marcação e Priorização de Tráfego

Com base na estrutura de diferenciação de serviços, foram buscados métodos eficientes para que os tráfegos fossem classificados de acordo com seu tipo e(ou) sua origem.

O método escolhido parte da classificação do tráfego de entrada do roteador através da utilização de listas de acesso ou através do mapeamento de classes (*class-map*), passa pela marcação do campo DSCP do pacote e, na interface de saída, é feita uma análise do campo DSCP e definida a prioridade da banda disponível na saída (*Implementing Quality of Service...*, 2008).

```
class-map match-any BestEffort
  match ip dscp default
class-map match-any NetworkControl
  match ip dscp cs2 cs6 cs7
class-map match-any Voz
  match ip dscp ef
class-map match-any Marcacao_AF32
  match access-group name Trafego_AF32
class-map match-any Marcacao_AF33
  match access-group name Trafego_AF33
class-map match-any Marcacao_AF31
  match access-group name Trafego_AF31
class-map match-any Classe_AF31
  match ip dscp af31
class-map match-any MarcacaoVoz
  match access-group name TrafegoVoz
class-map match-any Classe_AF32
  match ip dscp af32
class-map match-any Classe_AF33
  match ip dscp af33
class-map match-any MarcacaoSinalizacao
  match access-group name TrafegoSinalizacao
!
policy-map SaidaWAN
```

```
class Voz
  priority percent 50
class Classe_AF31
  priority percent 10
class Classe_AF32
  bandwidth percent 18
class Classe_AF33
  bandwidth percent 12
class NetworkControl
  bandwidth percent 1
class BestEffort
  bandwidth percent 6
  police cir 32000
  conform-action set-dscp-transmit default
  exceed-action drop
!
!
policy-map EntradaLAN
  class MarcacaoVoz
    set ip dscp ef
  class MarcacaoSinalizacao
    set ip dscp cs3
  class Marcacao_AF31
    set ip dscp af31
  class Marcacao_AF32
    set ip dscp af32
  class Marcacao_AF33
    set ip dscp af33
  class class-default
    set ip dscp default
!
!
ip access-list extended TrafegoSinalizacao
  permit ip any any dscp cs3
ip access-list extended TrafegoVoz
  deny  udp any any fragments
  deny  ip any any fragments
  permit tcp any any eq 2000
  permit tcp any eq 2000 any
  permit udp any any range 16384 32767
```

```

permit ip any any dscp ef
ip access-list extended Trafego_AF31
permit ip any any dscp af31
ip access-list extended Trafego_AF32
permit ip any any dscp af32
permit icmp any any
ip access-list extended Trafego_AF33
permit tcp any any eq ftp-data
permit tcp any any eq ftp
permit tcp any any eq telnet

```

Quadro 7 - Scripts de Classificação, Marcação e Priorização de Tráfego
Fonte: Autoria Própria (2011).

A classificação do QoS e os limiares reservados para a transmissão de cada tráfego classificado é uma tarefa que exige o estudo do comportamento de tráfego específico do ambiente no qual se deseja aplicar a regra.

No caso desta topologia, foi proposta uma estrutura padrão para servir de base na aplicação da regra e com alterações posteriores nos tráfegos classificados e nos percentuais de priorização.

Após criadas e aplicadas as regras nos roteadores de CWB e SPO, começa-se a visualizar o tráfego sendo priorizado na saída de acordo com as regras propostas, através do comando *show policy-map interface serial 0/0*.

Neste momento, quando se gera tráfego de dados partindo de SPO destino CWB, com uma chamada ativa entre ramais das duas localidades com o codec g.729 (que será abordado posteriormente ainda neste capítulo), e se chega ao limiar configurado para certos tráfegos começam a ocorrer descartes (*drops*) de pacotes para a classe de melhor esforço (*BestEffort*), conforme destaque no Quadro 8:

```

SPO#sh policy-map interface serial 0/0 | section Voz
Class-map: Voz (match-any)
  87567 packets, 5042264 bytes
  5 minute offered rate 25000 bps, drop rate 0 bps
Match: ip dscp ef
  87567 packets, 5042264 bytes
  5 minute rate 25000 bps

```

*Queueing**Strict Priority**Output Queue: Conversation 136**Bandwidth 50 (%)**Bandwidth 256 (kbps) Burst 6400 (Bytes)**(pkts matched/bytes matched) 14/800**(total drops/bytes drops) 0/0**SPO#sh policy-map interface serial 0/0 | section BestEffort**Class-map: BestEffort (match-any)**12472 packets, 2715315 bytes**5 minute offered rate 29000 bps, **drop rate 11000 bps****Match: ip dscp default**12472 packets, 2715315 bytes**5 minute rate 29000 bps**Queueing**Output Queue: Conversation 140**Bandwidth 6 (%)**Bandwidth 30 (kbps) Max Threshold 64 (packets)**(pkts matched/bytes matched) 6963/768647**(depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0**police:**cir 32000 bps, bc 1500 bytes**conformed 11299 packets, 2055027 bytes; actions:**set-dscp-transmit default**exceeded 1173 packets, 660288 bytes; actions:**drop****conformed 19000 bps, exceed 11000 bps*****Quadro 8 - Visualização de Priorização e Descarte de pacotes****Fonte: Aatoria Própria (2011).**

5.3.4. Efeito do Codec no tráfego

O codec padrão utilizado em ligações do CME 4.1 é o G.711. De acordo com a Tabela 1, presente no tópico 3.1.6 deste estudo, o codec G.711 consome 82,4Kbps em contrapartida com 26,4Kbps do codec G.729 e, o objetivo agora é de

mostrar na prática o que ocorre na interface do roteador e comprovar o gasto de banda real no sistema proposto.

Primeiramente, com a chamada em andamento, é visualizado qual codec atualmente está em uso entre as ligações após clicar duplamente no botão de interrogação, e acessar as estatísticas da chamada, conforme Figura 11:



Figura 11 - CODEC G.711 em funcionamento
Fonte: Aatoria Própria (2011)

Analisando através de software de monitoramento Cacti, obteve-se o tráfego médio de 82.2kbps entre o CIPC localizado em CWB e o CIPC de SPO para uma ligação utilizando o codec G.711, conforme Figura 12:

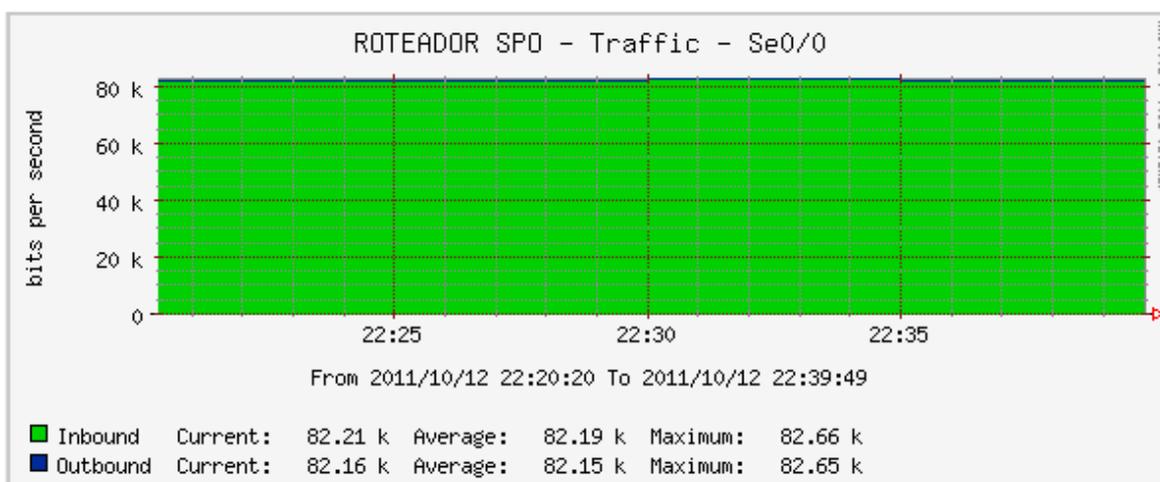


Figura 12 - Banda consumida para 1 ligação de Voz com codec G.711
Fonte: Aatoria Própria (2011)

Ao visualizar a política de QoS, é possível obter a confirmação em números da banda necessária total para o tráfego de uma única ligação utilizando-se do codec G711:

```
CWB_CME4.1#sh policy-map interface serial 0/0 | section Voz
```

```
Class-map: Voz (match-any)
```

```
349849 packets, 29857080 bytes
```

```
5 minute offered rate 81000 bps, drop rate 0 bps
```

```
Match: ip dscp ef (46)
```

```
349849 packets, 29857080 bytes
```

```
5 minute rate 81000 bps
```

```
Queueing
```

```
Strict Priority
```

```
Output Queue: Conversation 264
```

```
Bandwidth 50 (%)
```

```
Bandwidth 248 (kbps) Burst 6200 (Bytes)
```

```
(pkts matched/bytes matched) 1312/107920
```

```
(total drops/bytes drops) 0/0
```

Quadro 9 - Visualização de Consumo do codec G.711 nas políticas de Voz

Fonte: Autoria Própria (2011)

Como visualizado, é confirmada a taxa média de saída de 81kbps na interface WAN do roteador de CWB. Ressalta-se que fica abaixo do coletado e previsto, pois nesta regra não se inclui o *overhead* do enlace PPP, que incrementa na utilização da banda.

Para visualizar o efeito do uso do codec G.729 e confirmar se é possível evitar a necessidade de upgrade do circuito de 512kbps para 1024kbps, conforme previsão feita no tópico 3.2, deve-se habilitar o codec G.729 nos telefones, conforme sequência descrita no Quadro 10:

```
CWB>enable
```

```
CWB#configure terminal
```

```
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
```

```
CWB(config)#ephone 1
```

```
CWB(config-ephone)#codec g729r8
CWB(config-ephone)#reset
CWB(config-ephone)#exit
CWB(config)#ephone 2
CWB(config-ephone)#codec g729r8
CWB(config-ephone)#reset
```

Quadro 10 - Alterando codec para G.729

Fonte: Aatoria Própria (2011).

Importante repetir as configurações para todos os ramais existentes.

A comunicação entre codecs diferentes (G.711 com G.729, por exemplo) também é possível, mas exige hardware de processamento digital de sinais (DSP) disponível e dedicado para realizar esta função no roteador, fato que nesta simulação não é possível executar na totalidade.

Após os telefones reinicializarem e o estabelecimento da chamada se encontrar novamente ativo, as estatísticas da chamada devem ser acessadas para visualizar que o codec G.729 encontra-se atualmente ativo, conforme Figura 13:

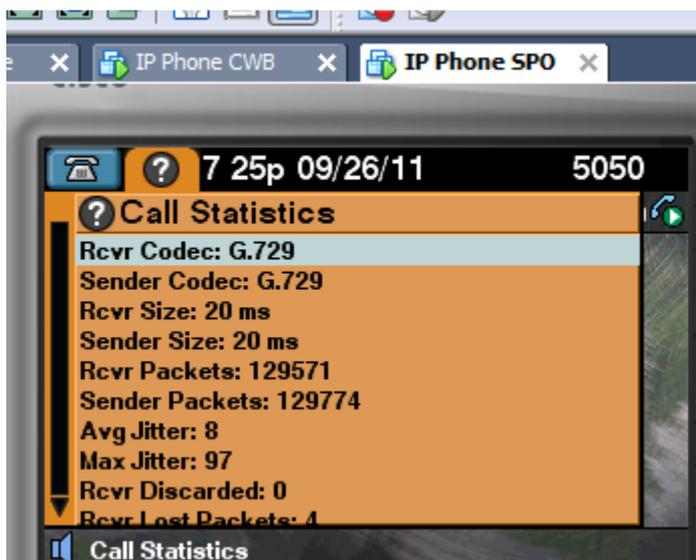


Figura 13 - CODEC G.729 em funcionamento

Fonte: Aatoria Própria (2011)

Na Figura 14, visualiza-se que agora a utilização da banda de uma chamada ficou apenas em 26,2kbps, caindo para um consumo total previsto de 158,4kbps para um conjunto de 6 ligações simultâneas utilizando o codec G.729 em contrapartida de 494,4kbps para o conjunto de 6 ligações com o codec G.711.

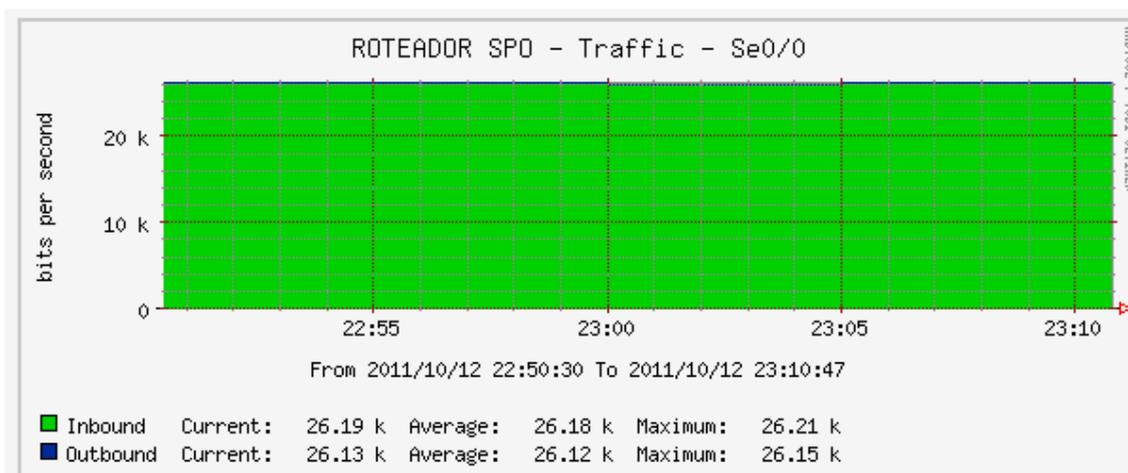


Figura 14 - Banda consumida para 1 ligação de Voz com codec G.729
Fonte: Autoria Própria (2011)

Fica claro que, após visualizar o efeito e observar que a qualidade de voz se mantém com uso de um codec com compressão, se for adotado o codec G.729 é possível permanecer, com certa folga, com a reserva de banda de 50% no circuito de 512kbps, pois a política de reserva resultará em 256kbps garantidos para voz, e a definição para em somente existir 6 chamadas simultâneas, limitando o uso para somente 158,4kbps.

Para definir o número máximo de chamadas simultâneas através do enlace WAN PPP, deve-se deixar explícito no equipamento aonde se encontra instalado o CME, conforme definições do Quadro 11:

```
CWB#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
CWB_CME4.1(config)#call threshold interface serial 0/0 int-calls low 6 high 6
```

Quadro 11 - Definindo número máximo de chamadas pela WAN
Fonte: Autoria Própria (2011).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A simulação do projeto de convergência das comunicações de uma pequena empresa é efetivamente possível com o auxílio de ferramentas de virtualização de *desktops* e de emulação de roteadores.

Com o desenrolar da pesquisa, descobriu-se que existem algumas exigências por parte do fabricante Cisco[®], que atualmente é líder de mercado global nas vendas de roteadores (IRISH TIMES, 2011). Como exemplo, para possibilitar o funcionamento do CME, é necessária uma versão específica do *firmware* (IOS) do sistema operacional dos roteadores, além do correto licenciamento dos dispositivos e *hardwares* relacionados.

Com a definição da topologia base, banda e protocolo do enlace criaram-se as configurações-base para simular o ambiente de dados satisfatoriamente.

Após foi configurado o gerenciador de chamadas CME, e posterior ao uso de ferramentas de estresse e monitoramento de rede, foi identificado que a comunicação de voz em uma rede multimídia – que possua dados, voz e imagem – fica prejudicada se não houver uma separação e devida priorização nos tráfegos.

Com um estudo mais aprofundado do comportamento da Telefonia IP no cenário apresentado, foram elaboradas regras de classificação, marcação e priorização de tráfego, que foram devidamente aplicadas nas interfaces de acordo com a necessidade.

Para garantir a qualidade de serviço, também se definiu um número máximo de chamadas simultâneas que atravessam a interface WAN, de modo a não impactar acaso as limitações da priorização interfiram em outras chamadas.

Como o intuito inicial era evitar impactos na infraestrutura atual, somente otimizando para o novo serviço, foi necessário também analisar a eficiência dos *codecs*, onde se identificou que o *codec* G.729 que consome 158,4kbps (30,94% da banda total) para a quantidade máxima definida de chamadas simultâneas em relação ao *codec* G.711 que consome 494,4kbps (96,56% da banda total), resultando em um ganho de eficiência na ordem de 67,96%

Após o desenho, configuração, análise de tráfegos e aplicação das regras de priorização e limitação de chamadas pela WAN, atingiu-se o objetivo principal de

simular a convergência das comunicações (dados e voz) de uma pequena empresa, deixando este desenvolvimento como um modelo base para projetos de migração de rede de dados para rede multimídia, somente necessitando adaptar as configurações e topologia às necessidades de cada empresa.

Por fim, os arquivos das configurações finais para os roteadores de CWB e SPO dos laboratórios, encontram-se disponíveis nos anexos I e II deste estudo.

6.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Durante o desenvolvimento, surgiram alguns pontos que necessitariam de um aprofundamento durante este estudo.

O primeiro é relacionado a própria topologia base. Em ambientes simplificados a topologia estudada é suficiente para alcançar o objetivo do provimento da voz sobre IP em longas distâncias, mas poderá acarretar em um subdimensionamento para as topologias mais complexas, o que necessitaria de um estudo mais amplo do comportamento dos tráfegos para então serem definidas as regras de priorização.

O segundo ponto vincula-se com a garantia de serviços. Alguns temas como *traffic shaping* e o transbordo de tráfegos entre classes levariam este estudo a um patamar de maior complexidade, pois possibilitariam que o comportamento das regras de QoS fossem personalizados de acordo com horários e comportamento de redes específicos.

Um terceiro ponto seria a aplicação prática das regras de QoS em uma rede já existente, com a adequação dos parâmetros de garantia de serviços de acordo com as diretrizes do fornecedor do acesso de longa distância.

O último ponto refere-se ao sistema de telefonia escolhido. Este desenvolvimento poderia ser adaptado para se adequar a outros sistemas gerenciadores de chamadas, até mesmo de opções utilizando-se de *software* livre, como o Asterisk® (<http://www.asterisk.org/>) e o FreePBX® (<http://www.freepbx.org/>).

REFERÊNCIAS

CISCO CallManager Version 4.1: Cisco, Estados Unidos, 2004. Disponível em: <http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6788/vcallcon/ps556/product_data_sheet0900aecd801979f0.html>. Acesso em: 31 out. 2011.

CISCO 'to cut up to 10,000 jobs'. Irish Times Online, Irlanda, 12 jul. 2011. Disponível em: <<http://www.irishtimes.com/newspaper/breaking/2011/0712/breaking20.html>>. Acesso em: 03 ago. 2011.

CISCO Unified CME and Cisco IOS Software Version Compatibility Matrix: Cisco, Estados Unidos, 2011. Disponível em: <http://www.cisco.com/en/US/docs/voice_ip_comm/cucme/requirements/guide/33matrix.htm>. Acesso em: 12 ago. 2011.

CISCO Unified CME Localization Matrix: Cisco, Estados Unidos, 2011. Disponível em: <http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6788/vcallcon/ps556/product_data_sheet0900aecd801979f0.html>. Acesso em: 12 ago. 2011.

FILIPPETTI, Marco Aurélio. **CCNA 4.1: Guia Completo de Estudo**. 1. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008. 478 p.

FILIPPETTI, Marco Aurélio. **Uma arquitetura para a construção de laboratórios híbridos de redes de computadores remotamente acessíveis**. 2008. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://blog.ccna.com.br/2008/09/21/dissertacao-de-mestrado-pronta-para-dl/>>. Acesso em: 25 ago. 2008, 15h37min.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184 p.

Implementing Quality of Service Policies with DSCP: Cisco, Estados Unidos, 2011. Disponível em: <http://www.cisco.com/en/US/tech/tk543/tk757/technologies_tech_note09186a00800949f2.shtml> Acesso em: 30 set. 2008.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. **Redes de computadores e a internet:** uma abordagem top-down. 3. ed. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2006. 634 p.
MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de Pesquisa:** planejamento e execução de pesquisas; amostragens e técnicas de pesquisa; elaboração, análise e interpretação de dados. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 289p.

NICHOLS, Kathleen *et. al.* RFC 2474: *Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers.* **Internet Engineering Task Force.** Estados Unidos. 1998. Disponível em < <http://www.ietf.org/rfc/rfc2474.txt>>. Acessado em 23 set. 2011.

RANJBAR, Amir S.. **CCNP ONT Official Exam Certification Guide.** 1. ed. Indianápolis, EUA: Cisco Press, 2007. 373 p.

TANENBAUM, Andrew S.. **Redes de computadores.** 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. 945 p.

ANEXO I

```
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname CWB_CME4.1
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
no aaa new-model
memory-size iomem 5
ip cef
!
!
no ip domain lookup
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
!
multilink bundle-name authenticated
!
!
archive
log config
hidekeys
!
!
class-map match-any BestEffort
match ip dscp default
class-map match-any NetworkControl
match ip dscp cs2 cs6 cs7
class-map match-any Voz
match ip dscp ef
class-map match-any Marcacao_AF32
match access-group name Trafego_AF32
class-map match-any Marcacao_AF33
match access-group name Trafego_AF33
class-map match-any Marcacao_AF31
match access-group name Trafego_AF31
class-map match-any Classe_AF31
match ip dscp af31
class-map match-any MarcacaoVoz
match access-group name TrafegoVoz
class-map match-any Classe_AF32
match ip dscp af32
class-map match-any Classe_AF33
match ip dscp af33
class-map match-any MarcacaoSinalizacao
match access-group name TrafegoSinalizacao
!
!
policy-map SaidaWAN
class Voz
priority percent 50
class Classe_AF31
priority percent 10
class Classe_AF32
```

```
bandwidth percent 18
class Classe_AF33
bandwidth percent 12
class NetworkControl
bandwidth percent 1
class BestEffort
bandwidth percent 6
police cir 32000
conform-action set-dscp-transmit default
exceed-action drop
policy-map EntradaLAN
class MarcacaoVoz
set ip dscp ef
class MarcacaoSinalizacao
set ip dscp cs3
class Marcacao_AF31
set ip dscp af31
class Marcacao_AF32
set ip dscp af32
class Marcacao_AF33
set ip dscp af33
class class-default
set ip dscp default
!
!
interface FastEthernet0/0
ip address 172.16.60.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
service-policy input EntradaLAN
!
interface Serial0/0
description CONEXAO-PPP-SPO
bandwidth 512
ip address 10.0.0.1 255.255.255.252
encapsulation ppp
clock rate 2000000
max-reserved-bandwidth 97
service-policy output SaidaWAN
!
ip forward-protocol nd
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Serial0/0
!
no ip http server
no ip http secure-server
!
ip access-list extended TrafegoSinalizacao
permit ip any any dscp cs3
ip access-list extended TrafegoVoz
deny udp any any fragments
deny ip any any fragments
permit tcp any any eq 2000
permit tcp any eq 2000 any
permit udp any any range 16384 32767
permit ip any any dscp ef
ip access-list extended Trafego_AF31
permit ip any any dscp af31
ip access-list extended Trafego_AF32
permit ip any any dscp af32
permit icmp any any
```

```
ip access-list extended Trafego_AF33
 permit tcp any any eq ftp-data
 permit tcp any any eq ftp
 permit tcp any any eq telnet
 !
snmp-server community GESER2010 RO
snmp-server location Roteador Curitiba & Callmanager Express
snmp-server contact administrador@dominio.com
snmp-server enable traps snmp authentication linkdown linkup coldstart warmstart
snmp-server enable traps config
snmp-server enable traps entity
snmp-server enable traps ipmulticast
snmp-server enable traps rsvp
snmp-server enable traps syslog
snmp-server enable traps voice poor-qov
snmp-server host 172.16.60.128 GESER2010
snmp-server host 172.16.60.128 public
 !
control-plane
 !
call threshold interface Serial0/0 int-calls low 6 high 6
 !
 !
telephony-service
 max-ephones 4
 max-dn 4
 ip source-address 172.16.60.1 port 2000
 auto assign 1 to 4
 system message UTFPR GESER 2010
 max-conferences 8 gain -6
 transfer-system full-consult
 create cnf-files version-stamp Jan 01 2002 00:00:00
 !
 !
ephone-dn 1
 number 5051
 !
 !
ephone-dn 2
 number 5050
 !
 !
ephone-dn 3
 number 5052
 !
 !
ephone-dn 4
 number 5053
 !
 !
ephone 1
 no multicast-moh
 device-security-mode none
 mac-address 000C.29AB.5F72
 codec g729r8
 type CIPC
 button 1:1
 !
 !
ephone 2
```

```
no multicast-moh
device-security-mode none
mac-address 000C.2985.9062
codec g729r8
type CIPC
button 1:2
!
!
ephone 3
no multicast-moh
device-security-mode none
!
!
ephone 4
no multicast-moh
device-security-mode none
!
!
line con 0
exec-timeout 0 0
logging synchronous
line aux 0
line vty 0 4
login
!
!
end
```

Quadro 12 - Arquivo de Configuração Final - Roteador CWB

Fonte: Autoria Própria (2011)

ANEXO II

```
version 12.3
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname SPO
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
memory-size iomem 5
no network-clock-participate aim 0
no network-clock-participate aim 1
no aaa new-model
ip subnet-zero
no ip domain lookup
ip cef
!
class-map match-any BestEffort
 match ip dscp default
class-map match-any NetworkControl
 match ip dscp cs2 cs6 cs7
class-map match-any Voz
 match ip dscp ef
class-map match-any Marcacao_AF32
 match access-group name Trafego_AF32
class-map match-any Marcacao_AF33
 match access-group name Trafego_AF33
class-map match-any Marcacao_AF31
 match access-group name Trafego_AF31
class-map match-any Classe_AF31
 match ip dscp af31
class-map match-any MarcacaoVoz
 match access-group name TrafegoVoz
class-map match-any Classe_AF32
 match ip dscp af32
class-map match-any Classe_AF33
 match ip dscp af33
class-map match-any MarcacaoSinalizacao
 match access-group name TrafegoSinalizacao
!
policy-map SaidaWAN
 class Voz
  priority percent 50
 class Classe_AF31
  priority percent 10
 class Classe_AF32
  bandwidth percent 18
 class Classe_AF33
  bandwidth percent 12
 class NetworkControl
  bandwidth percent 1
 class BestEffort
  bandwidth percent 6
 police cir 32000
  conform-action set-dscp-transmit default
  exceed-action drop
```

```
policy-map EntradaLAN
class MarcacaoVoz
  set ip dscp ef
class MarcacaoSinalizacao
  set ip dscp cs3
class Marcacao_AF31
  set ip dscp af31
class Marcacao_AF32
  set ip dscp af32
class Marcacao_AF33
  set ip dscp af33
class class-default
  set ip dscp default
!
interface FastEthernet0/0
ip address 172.16.90.1 255.255.255.0
service-policy input EntradaLAN
duplex auto
speed auto
!
interface Serial0/0
description CONEXAO-PPP-CWB
bandwidth 512
ip address 10.0.0.2 255.255.255.252
max-reserved-bandwidth 97
service-policy output SaidaWAN
encapsulation ppp
clockrate 2000000
!
no ip http server
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Serial0/0
!
ip access-list extended TrafegoSinalizacao
permit ip any any dscp cs3
ip access-list extended TrafegoVoz
deny  udp any any fragments
deny  ip any any fragments
permit tcp any any eq 2000
permit tcp any eq 2000 any
permit udp any any range 16384 32767
permit ip any any dscp ef
ip access-list extended Trafego_AF31
permit ip any any dscp af31
ip access-list extended Trafego_AF32
permit ip any any dscp af32
permit icmp any any
ip access-list extended Trafego_AF33
permit tcp any any eq ftp-data
permit tcp any any eq ftp
permit tcp any any eq telnet
snmp-server community GESER2010 RO
snmp-server location Roteador Curitiba & Callmanager Express
snmp-server contact administrador@dominio.com
snmp-server enable traps snmp authentication linkdown linkup coldstart warmstart
snmp-server enable traps config
snmp-server enable traps entity
snmp-server enable traps ipmulticast
snmp-server enable traps rsvp
```

```
snmp-server enable traps syslog
snmp-server enable traps voice poor-qov
snmp-server host 172.16.60.128 GESER2010
snmp-server host 172.16.60.128 public
!
control-plane
gatekeeper
shutdown
!
line con 0
exec-timeout 0 0
logging synchronous
line aux 0
line vty 0 4
login
!
end
```

Quadro 13 - Arquivo de Configuração Final - Roteador SPO
Fonte: Autoria Própria (2011)