



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

Thiago Santos de Amorim

IMPLANTAÇÃO DE QUALIDADE DE SERVIÇOS (QoS) EM UM AMBIENTE DE COMUNICAÇÕES UNIFICADAS (UC)

Palmas

2010



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

Thiago Santos de Amorim

IMPLANTAÇÃO DE QUALIDADE DE SERVIÇOS (QoS) EM UM AMBIENTE DE COMUNICAÇÕES UNIFICADAS (UC)

Trabalho apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de Sistemas de Informação, orientado pela Professora Mestre Madianita Bogo Marioti.

Palmas

2010

Thiago Santos de Amorim

**IMPLANTAÇÃO DE QUALIDADE DE SERVIÇOS (QoS) EM UM AMBIENTE
DE COMUNICAÇÕES UNIFICADAS(UC)**

Trabalho apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de Sistemas de Informação, orientado pela Professora Mestre Madianita Bogo Marioti.

Aprovada em dezembro de 2010.

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Madianita Bogo
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. M.Sc. Jackson Gomes de Souza
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. M.Sc. Cristina D'Ornellas Filipakis Souza
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas

2010

SUMÁRIO

EPÍGRAFE.....	I
DEDICATÓRIA	II
AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	IV
LISTA DE TABELAS	V
LISTA DE GRÁFICOS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS	VIII
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Comunicações Unificadas.....	11
2.1.1 VoIP (Voz Sobre IP).....	13
2.1.1.1 CODEC	15
2.1.1.2 Protocolos de sinalização VoIP	16
2.1.1.3 Software e Hardware Envolvidos em uma comunicação VoIP	19
2.1.2 Mensagens Instantâneas e Presença	21
2.1.3 Correio Eletrônico	23
2.1.4 Áudio e Videoconferência	25
2.2 Qualidade de serviços (QoS).....	26
2.2.1 Atraso	29
2.2.2 Variação no atraso (<i>jitter</i>)	29
2.2.3 Largura de banda (Vazão).....	30
2.2.4 Perda de Pacotes	31
2.2.5 Qualidade de Voz - MOS, e vídeo VMOS.....	33
2.2.6 Alternativas técnicas para implantação de QoS em rede IP	33
2.2.6.1 Arquitetura IntServ	34
2.2.7 Arquitetura DiffServ	35
2.2.7.1 Comportamento por Salto (Per Hop Behavior - PHB).....	37
2.2.8 Funções de roteamento para garantia de qualidade de serviços	38
2.2.8.1 Primeiro a Entrar - Primeiro a Sair/ First In First Out (FIFO).....	41
2.2.8.2 Enfileiramento Prioritário / Priority Queueing (PQ).....	42
2.2.8.3 Enfileiramento Baseado em Classes / Class Based Queueing (CBQ)	42
2.2.8.4 Enfileiramento Justo Ponderado / Weighted Fair Queueing (WFQ).....	43

2.2.9	Roteamento e QoS no GNU/Linux.....	44
2.2.9.1	Controle de tráfego e QoS usando o GNU/Linux	45
3	TRABALHOS RELACIONADOS.....	47
3.1	Tecnologias DiffServ como suporte para a qualidade de serviços (QoS) de aplicações multimídia - aspectos de configuração e integração.....	47
3.2	Análise de qualidade de Serviços em Redes Corporativa.....	48
4	MATERIAIS E MÉTODOS	50
4.1	Local e Período.....	50
4.2	Hardware	50
4.3	Software	51
4.4	Métodos.....	54
4.5	Métricas.....	56
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
5.1	Topologia Física da Rede de Testes	59
5.2	Topologia Lógica da Rede de Testes.....	61
5.3	Testes Práticos.....	62
5.3.1	Cenário 1 - Sem QoS.....	62
5.3.2	Cenário 2 – Com QoS.....	72
5.3.3	Cenário 1 versus Cenário 2.....	82
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
	APÊNDICES	90
	APÊNDICE 1 - Descrição das Configurações	91
	Configuração de rotas para os roteadores.....	91
	Configuração dos roteadores para os cenários de testes sem e com QoS.....	94
	Configuração da geração e recepção de tráfego com RUDE/CRUDE.....	96
	Configurações do servidor de comunicações unificadas Elastix.....	98
	Configurações dos Clientes de UC.....	98

EPÍGRAFE

Voltei-me, e vi debaixo do sol que não é dos ligeiros a carreira, nem dos fortes a batalha, nem tampouco dos sábios o pão, nem tampouco dos prudentes as riquezas, nem tampouco dos entendidos o favor, mas que o tempo e a oportunidade ocorrem a todos. (Eclesiastes 9:11)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a DEUS meu guia e a minha família meu porto seguro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, por minha existência, por guiar meus passos e pela força que sempre tem me dado.

A minha família por estar sempre presente, mesmo às vezes eu estando ausente. A minha (Terezinha Santos) e papai (Benício Correia de Amorim) pelas orações e pelo exemplo de perseverança, a minha irmã Margareth pela ajuda constante, Marcelo e Larissa pelas risadas de vez em quando.

A todos os meus familiares.

Aos professores que me transmitiram conhecimento e que me ensinaram a buscá-lo, principalmente do curso de sistemas de informação do CEULP-ULBRA, e em especial a Madianita Bogo pela orientação e ajuda em todo o decorrer deste trabalho.

As políticas para promoção da igualdade étnico-racial como as cotas para negros no PROUNI, que sem estas seria ainda mais complicada a minha ascensão ao conhecimento, tomara que no futuro todos tenham as mesmas oportunidades.

Aos amigos presentes e ausentes.

Aos colegas e as colegas de turma, pelas boas gargalhadas e pela ajuda quando necessário.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para mais esta realização na minha vida.

RESUMO

AMORIM., Thiago Santos de **Implantação de qualidade de serviços (QoS) em um ambiente de comunicações unificadas (UC)**. 2010. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em sistemas de informação). Centro Universitário Luterano de Palmas. CEULP-ULBRA, Palmas.

Ambientes de comunicações unificadas, no qual os sistemas de comunicação como e-mail, voz e vídeo estão integrados são cada vez mais presentes nas empresas aprimorando a forma como as pessoas se comunicam. No entanto, este ambiente necessita de que parâmetros mínimos de qualidade para os serviços oferecidos sejam assegurados. Desta maneira, para se manter um ambiente de comunicações unificadas, a determinação dos parâmetros necessário para cada aplicação e a configuração deste ambiente para se ter QoS (Qualidade de Serviços) se faz necessário. Neste trabalho buscou-se obter os parâmetros mínimos para garantia de qualidade aos dois principais serviços oferecidos em um ambiente de comunicações unificadas, a voz e o vídeo, e foram realizados testes neste ambiente sem, e com a configuração de QoS utilizando a arquitetura de diferenciação de serviços DiffServ. Segundo Brigato (2008, p. 18) as principais tecnologias oferecidas em um ambiente de comunicações unificadas incluem centrais telefônicas, que utilizam tecnologia VoIP (Voz sobre IP), serviços de mensagem instantânea, serviços de e-mail, serviços de presença e conferências de áudio e vídeo. Os principais parâmetros de qualidade de serviços são: atraso, variação no atraso, largura de banda, perda de pacotes e qualidade de voz e vídeo (MOS/VMOS), estes parâmetros foram verificados em uma rede com um ambiente de comunicações unificadas implantada no LaRC do CEULP-ULBRA, utilizada para a geração de fluxos e a realização de coleta de dados e testes em dois cenários, cenário 1 sem QoS e cenário 2 com QoS. Os resultados obtidos nos dois cenários mostram que com a implantação de qualidade de serviços em um ambiente de comunicações unificadas é possível a garantia de qualidade aos serviços oferecidos.

Palavras-chave: comunicações unificadas, Qualidade de Serviços (QoS), DiffServ.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais <i>codecs</i> de áudio.....	16
Tabela 2 - Aplicações x Largura de banda (MARTINS, 1999, p. 9)	31
Tabela 3 - Aplicações x Sensibilidade ao Parâmetro de QoS (SILVA, 2004, p. 10)	32
Tabela 4 -: Bits de Precedência (SILVA, 2004, p. 24)	36
Tabela 5 - Parâmetros de QoS nos dois cenários	83

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Largura de Banda - Fluxo 01 - G.711 no cenário 1.....	64
Gráfico 2 - Atraso - Fluxo 01 - G.711 no cenário 1.....	65
Gráfico 3 - Atraso - Fluxo 01 - G.711 no cenário 1.....	65
Gráfico 4 - Perda de Pacotes - Fluxo 01 - G.711 no cenário 1	66
Gráfico 5 - Largura de Banda Fluxo 04 - H.264 no cenário 1.....	67
Gráfico 6 - Atraso para Fluxo 04 - H.264 no cenário 1	68
Gráfico 7 - Variação no Atraso para Fluxo 04 - H.264 no cenário 1	68
Gráfico 8 - Perda de Pacotes para Fluxo 04 - H.264 no cenário 1	69
Gráfico 9 - Largura de Banda para Fluxo 07 - Outros tráfegos cenário 1	70
Gráfico 10 - Atraso para Fluxo 07 - Outros tráfegos cenário 1	71
Gráfico 11 - Variação no Atraso para Fluxo 07 - Outros tráfegos cenário 1	71
Gráfico 12 -: Perda de Pacotes para Fluxo 07 - Outros tráfegos cenário 1	72
Gráfico 13 - Largura de Banda para Fluxo 1 - G.711 cenário 2.....	74
Gráfico 14 -: Atraso para Fluxo 1 - G.711 cenário 2.....	75
Gráfico 15 - Variação no Atraso para Fluxo 1 - G.711 cenário 2	75
Gráfico 16 - Perda de Pacotes para Fluxo 01 - G.711 cenário 2	76
Gráfico 17 - Largura de Banda para Fluxo 04 - H.264 cenário 2.....	77
Gráfico 18 - Atraso para Fluxo 04 - H.264 cenário 2.....	78
Gráfico 19 -: Variação no Atraso para Fluxo 04 - H.264 cenário 2.....	78
Gráfico 20 - Perda de Pacotes para Fluxo 04 - H.264 - cenário 2.....	79
Gráfico 21 - Largura de Banda para Fluxo 07 - Outros tráfegos - cenário - 2	80
Gráfico 22 - Atraso para Fluxo 07 - Outros tráfegos - cenário - 2	81
Gráfico 23 - Variação no Atraso para Fluxo 07 - Outros tráfegos - cenário - 2	81
Gráfico 24 - Perda de Pacotes para Fluxo 07 - Outros tráfegos - cenário - 2.....	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Chamada VoIP entre dois computadores	20
Figura 2 - Chamada VoIP de um computador para um telefone.....	20
Figura 3 - Chamada VoIP entre computador e telefone.....	21
Figura 4 - Arquitetura XMPP Simples.....	22
Figura 5 - Arquitetura XMPP Mista	23
Figura 6 - Funcionamento Básico do correio eletrônico	25
Figura 7 - QoS componentes básicos (VISOLVE, 2006, <i>online</i>)	28
Figura 8 - Campo TOS no pacote IP	36
Figura 9 - Classes DiffServ e seus respectivos códigos DSCP	38
Figura 10 - Funções de Roteamento para garantia de qualidade de serviços	39
Figura 11 - FIFO - Primeiro a entrar, Primeiro a Sair.....	41
Figura 12 - Algoritmo de Escalonamento CBQ	43
Figura 13 - Algoritmo de Escalonamento WFQ.....	43
Figura 14 - Arquitetura de controle de tráfego no GNU/Linux.....	46
Figura 15 - script de configuração de rotas do roteador01	92
Figura 16 - script de configuração de rotas do roteador01	93
Figura 17 - script de configuração de rotas do servidoruc	94
Figura 18 - Cenário 1 - Sem QoS	95
Figura 19 - Cenário 2 - Cem QoS.....	95
Figura 20 - Arquivo de configuração do RUDE.....	97
Figura 21 - Topologia Física.....	60
Figura 22 - Topologia Lógica da Rede de Testes.....	61
Figura 23 - Imagem Cenário 1 - Testes Sem QoS	63
Figura 24 - Tabela de Resultados do Fluxo 01 - G.711 no cenário 1	64
Figura 25 - Tabela de Resultados do Fluxo 04 - H.264 no cenário 1	67
Figura 26 - Tabela de Resultados do Fluxo 07 - Outros tráfegos cenário	70
Figura 27 - Imagem cenário 2 - Testes com QoS	73
Figura 28 - Tabela de Resultados do Fluxo 01 - G.711 cenário 2	74
Figura 29 - Tabela de Resultados do Fluxo 04 - H.264 - cenário – 2.....	77
Figura 30 - Tabela de Resultados do Fluxo 07 - Outros tráfegos - cenário - 2.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS

ISO (*instituto Internacional para padronização*)

UC (*Unified Communications*).

VoIP (*Voice over IP*),

GPL (*General Public Licence - Licença Pública Geral*)

IETF (*Força Tarefa de Engenharia da Internet*)

ITU-T (*International Telecommunication Union*)

MOS (*Mean Opinion Score*)

VMOS (*Video Mean Opinion Score*)

DSCP (*Differentiated Service Code Point*)

DS (*Differentiated Service*)

CoS (*Class of Service - Classe de Serviço*)

ToS (*Type of Service - Tipo de Serviço*)

1 INTRODUÇÃO

A convergência entre as redes de telecomunicações e as redes de dados foi um fator determinante para o surgimento das comunicações unificadas, em que um conjunto de aplicações que provêm voz, vídeos e dados estão presentes em um mesmo ambiente (Gartner, 2009, *online*). Nas redes de dados as informações são transmitidas utilizando o protocolo de Internet IP.

Com as transmissões de diversos tipos de mídias, cada uma pode possuir seus respectivos requisitos para funcionar com qualidade. Por exemplo, baixo retardo e baixa variação no atraso (*jitter*) no caso de voz e vídeo e baixas taxas de perda para textos.

Porém, esta diversidade de fluxos não existia quando houve a criação do protocolo IP, e não foi projetado para dar um tratamento diferenciado para fluxos de dados, transmitindo-os sem nenhuma garantia de entrega, com um comportamento conhecido como serviços de melhor esforço (*best effort*).

Esse tipo de comportamento é aceitável em uma rede com baixa carga. No entanto, quando há congestionamento na rede, alguns serviços tornam-se inaceitáveis, pois não toleram problemas como atraso elevado ou uma porcentagem de perdas no tráfego muito alta.

Com esta nova demanda, surgiram algumas propostas de implantação de qualidade de serviços (QoS) em redes IP. O ISO (Instituto Internacional para Padronização) define QoS como sendo “o efeito coletivo de desempenho que determina o grau de satisfação do usuário de um serviço específico” (KAMIENSKI, 2000, *online*).

Qualidade de serviços, segundo Tanenbaum (2003, p.422), é a necessidade de manter parâmetros mínimos para entrega de um serviço por uma aplicação. Os principais parâmetros de qualidade de serviços são; MOS/VMOS para áudio e vídeo respectivamente, atraso, variação no atraso, largura de banda e perda de pacotes. Como em um ambiente de comunicação unificada o tráfego de voz e vídeo é predominante e tais serviços necessitam de parâmetros mínimos de qualidade, o uso de QoS neste ambiente é de fundamental importância.

Neste contexto, o objetivo desse trabalho é estudar serviços de Comunicações Unificadas, visando mostrar a importância de prover qualidade de serviços a esses. Para isso, foi implantado o servidor de Comunicações Unificadas GNU/Linux Elastix em uma rede local com dois clientes, foram realizados e descritos testes de comunicação nesta rede, sem e com a configuração de QoS, para verificar as características do tráfego nas duas situações.

Este trabalho está estruturado da seguinte maneira: no segundo capítulo são apresentados os conceitos referentes a comunicações unificadas e qualidade de serviços (QoS). No terceiro capítulo são apresentados: metodologia, a localização de implantação da rede de testes, o material e os *software* utilizados, e ainda, são apresentadas as configurações necessárias para realização deste trabalho e as métricas de QoS utilizada nos testes. No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos nos testes nos dois cenários propostos, cenário 1 (sem QoS) e cenário 2 (com QoS). No quinto capítulo são apresentadas as considerações finais do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Comunicações Unificadas

A necessidade humana de se comunicar provocou o surgimento de formas de comunicação que usam meios eletrônicos para transportar a voz em longas distâncias. Por muito tempo, a comunicação de voz foi feita em redes dedicadas a esse fim, as redes de telecomunicações. Com o uso crescente dos computadores e das redes de dados, principalmente da Internet, por sua vasta expansão, essas passaram a ser usadas para comunicação de voz e vídeo.

Esta evolução nas comunicações está presente nas organizações, melhorando os processos e facilitando o gerenciamento das mesmas. Nas empresas, muitas formas de comunicação são utilizadas atualmente, como e-mail, MI(Mensagem Instantânea), telefonia, mecanismos de presença e conferências, mas, nem sempre essas são integradas de modo a facilitar o todo da comunicação. Muitas aplicações de comunicação foram criadas e mantidas de forma separadas, geralmente, em redes distintas e aparelhos distintos.

Com a necessidade de se ter várias formas de comunicação integradas, de modo que possam ser gerenciadas de um ponto único, foi criado o conceito de *Unifield Communications* (UC).

UC é o resultado da convergência das aplicações de comunicação. Diferentes aplicações de comunicação têm sido desenvolvidas e comercializadas de forma separadas. Em alguns casos até os dispositivos usados nestas aplicações eram distintos. A convergência destas comunicações em redes IP e plataforma de softwares abertos, esta trazendo um novo paradigma e mudando a forma como os indivíduos, grupos e organizações se comunicam. (Gartner, 2009, *online*).

Com a convergência está acontecendo uma mudança em como os indivíduos ou grupos se comunicam em uma organização, que é a utilização de um mesmo meio, as redes IP, para estabelecer uma comunicação com o apoio de um sistema que integra os serviços de mensagem, áudio e vídeo.

A UC integra um conjunto de equipamentos, *softwares* e serviços que facilitam a comunicação e a colaboração entre os indivíduos de uma organização. As tecnologias fundamentais neste tipo de ambiente incluem centrais telefônicas que utilizam a tecnologia VoIP (*Voice over IP*), serviços de mensagem, como e-mail, serviços de presença e mensagem instantânea e conferência em áudio e vídeo (BRIGATTO, 2008, p. 19). Existem várias ferramentas que provêm os serviços de comunicação unificada, oferecidos por empresas da área de TIC (Tecnologia da informação e Comunicação). As principais empresas fornecedoras de serviços de comunicações unificadas no mundo atualmente são: Microsoft, Cisco, IBM e Avaya (Gartner, 2009, *online*).

Os sistemas produzidos por estas empresas possuem como principais funcionalidades prover os seguintes serviços:

- **serviço de voz sobre IP e telefonia:** com esta funcionalidade, os sistemas integram a telefonia convencional com a telefonia que usa voz sobre o protocolo IP.
- **serviço de correio eletrônico e mensagens de voz:** servidor de correio eletrônico integrado ao serviço de mensagens de voz.
- **presença e IM (Mensagem Instantânea):** serviço unificado de mensagens, servidor de presença e mensagem instantânea.
- **conferências:** conferências em áudio e web, vídeo conferência e áudio conferência.

Além das empresas listadas pelo Gartner, outras organizações de pequeno porte estão criando plataformas abertas e que utilizam *software* livre para a criação e manutenção de um ambiente de comunicações unificadas. Uma destas empresas é a Palo Santo, empresa que criou e mantém o servidor de UC chamado Elastix.

O Elastix possui um conjunto de *softwares* instalados que o permite oferecer serviços de voz sobre IP, correio eletrônico, mensagens instantâneas e presença, além de outros serviços que são acrescentados através de módulos como CRM e CALLCENTER. Explicações detalhadas do Elastix estão na seção 3.3.

Os serviços de VoIP, mensagens instantâneas e presença, correio eletrônico e áudio e videoconferência, que são oferecidos pelas ferramentas de comunicações unificadas, serão apresentados nas seções seguintes.

2.1.1 VoIP (Voz Sobre IP)

Um dos serviços de comunicação sobre redes de computadores é o VoIP (*Voice over IP*), protocolo que provê transmissão de voz sobre as redes de dados interligadas pelo protocolo IP. O VoIP permite que chamadas telefônicas possam ser feitas por meio de uma rede de dados, substituindo os serviços telefônicos convencionais (KELLER, 2009, p. 17).

O protocolo VoIP estabelece as normas que devem ser implementadas para que a voz saia de uma origem, seja codificada, dividida em pacotes, transportada usando uma rede IP, chegue ao seu destino e, por fim, seja decodificada de modo que possa ser ouvida (KELLER, 2009, 18).

Por ser utilizado sobre as redes IP, o VoIP possui algumas limitações para garantir qualidade da voz, tais limitações se dão pelo fato das redes IP serem baseadas em comutação de pacotes ao contrário das redes telefônicas convencionais que são baseadas em circuito.

Na comutação de circuitos é estabelecido um caminho fim-a-fim, de forma que antes da comunicação é feita uma reserva dos recursos que serão necessários para a transferência dos dados (GOMES, 2005, p. 41). As redes baseadas em comutação por circuito fazem a reserva prévia de recursos, como largura de banda, que ficam dedicados durante a comunicação. Desta forma, tais redes, por reservarem previamente os recursos e não compartilhá-los, conseguem garantir qualidade de serviços (QoS), em contra partida, perde-se eficiência, pois quando não está sendo utilizado o meio fica alocado, não permitindo seu uso por outra comunicação.

As redes de comutação por pacote são mais eficientes, pois a utilização da banda é feita de acordo com a necessidade e a banda não ocupada pode ser utilizada para tráfego de pacotes entre origens e destinos não associados, pois os caminhos não são dedicados (TANENBAUM, 2003, p. 395). Estas redes compartilham recursos e, com a não alocação de um caminho dedicado, os pacotes podem percorrer uma rota diferente, o que pode ocasionar a perda da seqüência dos pacotes.

Outro problema da comutação por pacote, relacionado à transmissão de voz, é que as redes IP trabalham baseadas no melhor esforço (*best effort*). Em um ambiente de melhor esforço os pacotes são transmitidos sem a garantia de entrega, nesse caso, os pacotes dos diferentes tipos de tráfegos são tratados da mesma forma, sem priorização ou discriminação (GOMES, 2005, p. 41).

Os pacotes são transmitidos da melhor maneira possível, porém, sem garantia alguma de qualidade de serviços, o desempenho de cada aplicação depende das características da rede (KUROSE, 2006, p.481).

Por outro lado, a utilização da comunicação através de voz sobre IP (VoIP) pode trazer muitos benefícios. Keller (2009, p. 23) aponta alguns benefícios em adotar comunicação de voz através do protocolo IP:

- **redução de custo:** na maioria das vezes, esta redução pode ser notada em curto prazo principalmente em empresas que possuem filiais em outra localidade e costumam fazer ligações para estas constantemente.
- **infraestrutura única:** os serviços passam a ser convergentes, e a voz passa a ser transmitida pela rede de dados, o que retira a necessidade de se manter uma rede de dados e outra de telefonia em uma mesma empresa,
- **mobilidade:** o usuário terá seu ramal em um equipamento que ele pode se autenticar e não uma localização física do mesmo,
- **controle do sistema de telefonia:** a empresa passa a controlar seu sistema interno de telefonia.

Para se conseguir os benefícios listados, é necessário suprir a necessidade que o VoIP tem de que a comunicação seja feita sem falhas. As métricas que devem ser observados no momento da implantação de VoIP são:

- **atraso:** o atraso é o tempo que um pacote gasta para fazer o percurso de uma origem até o destino. O atraso pode ser reduzido com a priorização dos pacotes nos nós de comutação da rede (FILHO, 2006, 15).
- **variação do atraso (*jitter*):** a variação no atraso é a variação no tempo e/ou na sequência de entrega de pacotes. O problema de *jitter* pode ser resolvido com o uso de atraso de reprodução (KUROSE, 2006, p.460).
- **largura de banda:** a largura de banda é um termo utilizado para especificar a quantidade de dados demandada por uma aplicação em uma unidade de tempo (SILVA, 2004,

p.11). Deve-se especificar uma largura de banda mínima para cada aplicação de maneira que o fluxo de dados demandado possa ser atendido.

- **perda de pacotes:** os pacotes são dados como perdidos se ao saírem da sua origem por algum motivo não chegarem ao seu destino.

Desta forma, como as redes IP são *Best effort*, a implantação de um ambiente de voz sobre IP tem que ser feita em conjunto com a implantação de um sistema que possa garantir a entrega dos pacotes com menor atraso, menos perdas e com maior prioridade em relação aos demais dados transmitidos, conseguindo assim ter qualidade no serviço.

Dois importantes componentes envolvidos no processo de comunicação VoIP são os *codecs* e os protocolos de sinalização. Os *codecs* são codificadores e decodificadores, que têm como funções básicas converter sinais analógicos para uma forma digital e comprimir/descomprimir os dados trafegados. Os protocolos de sinalização têm como objetivo iniciar, controlar e terminar as sessões multimídia. Os *codecs* e os protocolos de sinalização VoIP são detalhados nas próximas seções.

2.1.1.1 CODEC

No envio de dados na comunicação VoIP a voz é digitalizada e comprimida, para depois ser feito o encapsulamento em pacotes IP e o encaminhamento para o outro ponto da rede. No recebimento os pacotes são decodificados e descompactados, por fim, o áudio é ouvido.

Para fazer esse processo de conversão analógico para digital do som e a compactação e descompactação dos dados são utilizados os *codecs*, codificador/decodificador (KELLER, 2009, p. 20). Os *codecs* são modelos matemáticos utilizados para fazer a digitalização e compressão do som. Todo equipamento ou programa que utiliza VoIP tem pelo menos um *codec*, que deve ser previamente configurados tanto na origem quanto no destino para que seja possível a realização da comunicação. Existem vários tipos de *codecs*, com necessidades distintas. As principais características dos *codecs* são: taxa de bits, que se refere a quantidade de bits por segundo necessária para entrega de um pacote de voz; e o MOS (*Mean Opinion Score*), padrão mantido pelo ITU-T (*International Telecommunication Union*) que tem como objetivo a medição da qualidade do áudio na visão do usuário. Os valores do MOS são obtidos de forma subjetiva, um grupo de pessoas ouvem um determinado *codec* e atribuem

uma nota de 1 a 5, sendo 1 péssimo e 5 excelente. Quando a qualidade do áudio fica abaixo de 3,5 o áudio é considerado não aceitável (DAVIDSON, 2008, p. 169).

Os principais *codecs* de áudio existentes são: G.711, G.729a, GSM e iLBC. Na Tabela 1 são exibidas as principais características destes *codecs*.

Tabela 1 - Principais *codecs* de áudio

Codec	Taxa de bits (Kbps)	Licença Livre?	MOS	Comentários
G.711	64	Sim	4,3	Baixo uso da CPU (baixa compressão)
G.729	8	Não	3,7	Ótimo uso da Banda e qualidade de voz (alta compressão)
GSM	13	Sim	3,8	Mesma codificação do celular / baixo uso da banda (compressão baixa/média)
iLBC	13.33/15	Sim	4,14	Resistente a perda de pacotes (compressão baixa/média)

Outras características dos *codecs* devem ser consideradas no momento de escolher qual usar, como: intervalo de amostra, que define o intervalo de amostra que um *codec* opera; tamanho de amostra, que define a quantidade de *bytes* em cada intervalo de amostra; e tamanho e *payload* de voz, que representa quantos *bytes* são preenchidos em cada pacote (KELLER, 2009, p.23).

2.1.1.2 *Protocolos de sinalização VoIP*

Os protocolos de sinalização VoIP definem as regras para inicialização, estabelecimento e finalização da comunicação multimídia. Segundo Dinau (2006, *online*), os protocolos de voz sobre IP devem ser responsáveis, ainda, por especificar a codificação da voz, a configuração das chamadas, o transporte dos dados, a autenticação, a segurança, o cabeçalho e os métodos utilizados na comunicação.

Para comunicação de voz sobre IP existem vários protocolos de sinalização, sendo que, independente da escolha do conjunto de protocolos a serem utilizados, estes devem ser capaz de controlar o fluxo de dados, fazendo o empacotamento e estabelecendo a sessão de comunicação.

Os principais protocolos de sinalização que podem ser utilizados em uma comunicação VoIP são SIP, H323, IAX, Skinny/SCCP e o UNISTIM (MEGGELEN, 2005, p.114). Os protocolos Skinny/SCCP e o UNISTIM são protocolos proprietários para uso com equipamento dos fabricantes, o primeiro da Cisco e o segundo da Nortel.

SIP

O protocolo de Iniciação de sessão (SIP) é um padrão IETF (Força Tarefa de Engenharia da Internet) definido pela RFC 2543, que utiliza duas portas de comunicação, a porta UDP 5060 para sinalização e outra porta qualquer definida em tempo de execução para o tráfego de mídia.

Souza (2003, *online*) afirma que "o SIP é um protocolo de texto e baseia-se no modelo cliente/servidor: o cliente faz pedidos e o servidor retorna respostas aos pedidos do cliente. Desta forma, pode se utilizando o SIP fazer uma conexão fim-a-fim, sem a necessidade de um equipamento intermediário". Ele se baseia em dois outros protocolos cliente/servidor, o SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) e no HTTP (*HyperText Transfer Protocol*).

A facilidade do SIP em fazer a integração com serviços da Internet, a simplicidade, a flexibilidade, a segurança e a mobilidade, têm contribuído para o papel cada vez mais significativo deste protocolo para a telefonia IP.

IAX

Protocolo criado pela empresa mantenedora do *software* de PABX Asterisk, o IAX (Inter Asterisk), possui o tratamento de fluxos de dados muito parecido com o SIP, a diferença é que o IAX utiliza a porta UDP 4569 para o fluxo de sinalização de canal (MEGGELEN, 2005, p. 110). O IAX foi criado para fazer comunicação entre servidores Asterisk e passou a ser utilizado para interligação de clientes. O IAX é um protocolo aberto, porém ainda não é um padrão mantido por um órgão de padronização o que não tem impedido o seu crescimento.

H.323

O H.323 é um protocolo desenvolvido e mantido pelo ITU (MEGGELEN, 2005, p. 112). Entre os protocolos de sinalização VoIP, é o mais complexo no que tange a especificação. Esse protocolo usa portas TCP (*Transport Control Protocol*) e UDP (*User Datagram Protocol*) para iniciar e manter as comunicações de voz, vídeo. Comparando com o SIP, o H.323 possui melhor suporte a videoconferências com transmissão de dados, porém, o SIP tem um maior suporte a segurança. Os protocolos de sinalização VoIP definem as regras para inicialização, estabelecimento e finalização da comunicação multimídia. Segundo Dinau (2006, *online*), os protocolos de voz sobre IP devem ser responsáveis, ainda, por especificar a codificação da voz, a configuração das chamadas, o transporte dos dados, a autenticação, a segurança, o cabeçalho e os métodos utilizados na comunicação.

MGCP

Por fim, a comunicação VoIP de forma centralizada é feita utilizando o MGCP (Protocolo de Mídia *Gateway*). O MGCP é uma especificação do IETF, definido pela RFC 3435. O MGCP diferente do SIP, IAX e do H.323, não permite chamadas entre dois pontos sem o intermédio de um *gateway*. O que pode ser uma desvantagem em se tratando de ambiente VoIP no qual a mobilidade é essencial, porém, em um ambiente em que é necessário o controle centralizado do fluxo de dados de uma chamada, é uma boa opção (MEGGELEN, 2005, p. 113).

Para controle de áreas que não são cobertas pelo protocolo de sinalização, são utilizados outros protocolos. No transporte de mídias é feita a utilização do RTP (*Real Time Protocol* - Protocolo de Transporte de Tempo Real) e do RTCP (*Real Time Control Protocol* - Protocolo de Controle em Tempo Real) (MEGGELEN, 2005, p. 111). O RTP é utilizado para a entrega fim-a-fim, em tempo real, de áudio interativo, vídeo e dados enquanto o RTCP monitora a entrega dos dados e faz o controle e identificação dos serviços. Estes dois protocolos utilizam portas diferentes, por padrão o RTP uma porta par, enquanto o RTCP uma porta ímpar (DAVIDSON, 2008, p. 266).

Foram mostrados nesta seção os *codecs* e os protocolos de sinalização utilizados em sessões multimídia, porém estes *codecs* e protocolos precisam de auxílio de outros protocolos

no processo de comunicação, protocolos estes que não foram abordados por não serem foco destes trabalhos.

2.1.1.3 *Software e Hardware Envolvidos em uma comunicação VoIP*

A forma mais simples de se ter uma comunicação usando VoIP é feita utilizando dois computadores e um programa *softphone*, que é um *software* que simula um telefone convencional para fazer a ligação entre dois usuários de uma rede. Nesse caso, a comunicação será de VoIP para VoIP e a ligação pode ser feita com ou sem o uso de um servidor (TELECO, 2007, *online*).

Outra forma de comunicação VoIP é usar um computador ou telefone IP para se conectar a um telefone da rede de telefonia convencional. Neste caso, há a necessidade do uso de um *Gateway*, que faz a interligação entre as duas redes. O equipamento VoIP, registra-se neste *gateway*, que faz a ligação com a rede de telefonia convencional. Geralmente, tal ligação é feita usando um servidor VoIP.

Existem vários aparelhos que podem ser utilizados para fazer-se uma comunicação de voz utilizando o protocolo IP. Os aparelhos utilizados em uma comunicação VoIP mais comuns são:

- **computador:** o computador é usado como um telefone IP, apenas instalando um *softphone*, para isto é necessário um microfone, alto falantes ou fones de ouvidos.
- **adaptador para Telefone analógico (ATA):** um equipamento que converte um ramal IP para ser utilizado com um telefone analógico convencional. Este dispositivo é conectado a rede IP e um telefone convencional é conectado a ele para fazer ligações.
- **telefone IP:** é um telefone que possui todos os recursos necessários para um serviço VoIP. Para ser usado é necessário apenas conectá-lo a um acesso de banda larga (rede IP), para fazer e receber ligações do serviço VoIP. *softphone* é um programa para fazer a ligação em cada computador e que tenham os protocolos necessários.

As Figuras 1, 2 e 3 demonstram as possibilidades de ligações utilizando VoIP, entre dois computadores, entre dois telefones ou entre um computador e um telefone convencional.

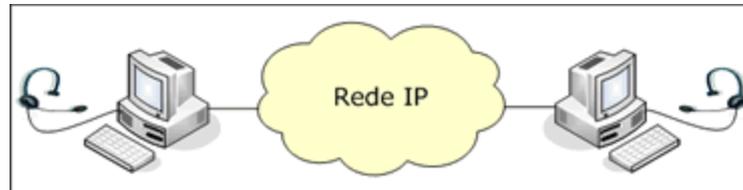


Figura 1 - Chamada VoIP entre dois computadores

(TELECO, 2007, *online*)

Para chamadas entre dois computadores, como mostra a Figura 1, é necessário apenas que dois computadores tenham um *headphone*, e um *softphone* instalados,

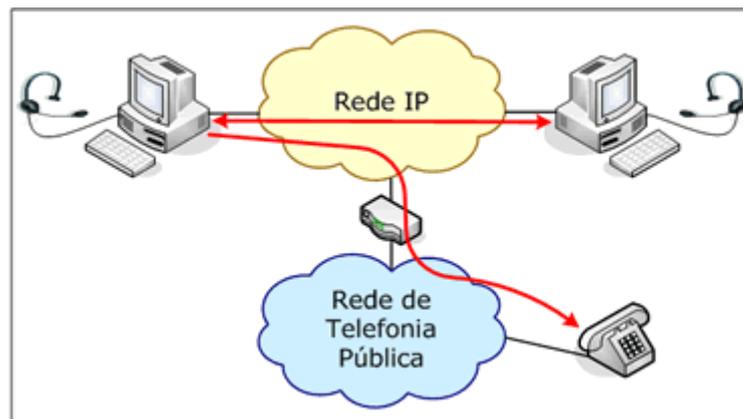
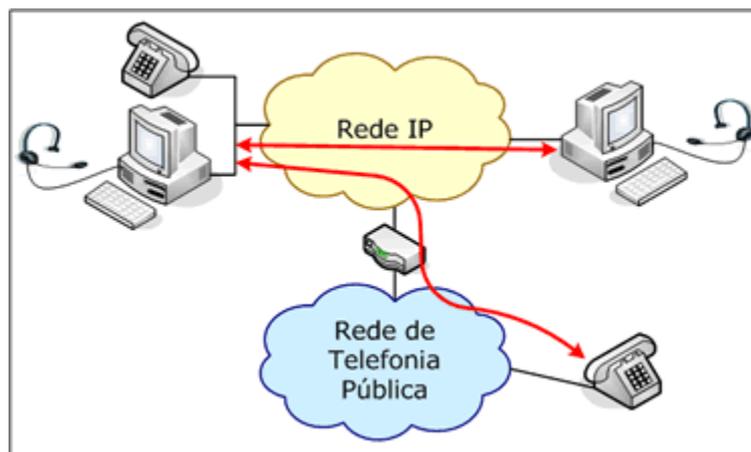


Figura 2 - Chamada VoIP de um computador para um telefone convencional (TELECO, 2007, *online*)

Usando o *gateway*, equipamento intermediário entre a rede IP e a rede de telefonia convencional, um usuário pode receber e fazer ligação para telefones convencionais fixos ou móveis como mostra a Figura 2



**Figura 3 - Chamada VoIP entre computador e telefone
Convencional (TELECO, 2007, *online*)**

Neste último caso, um usuário pode fazer chamadas VoIP entre dois telefones, sendo que um destes sendo IP e o outro um telefone analógico da rede de telefonia convencional como mostra a Figura 3. A principal diferença aqui é que pode fazer-se ligações entre dois telefones de redes distintas.

2.1.2 Mensagens Instantâneas e Presença

Segundo Harald (2002, *online*), mensagem instantânea e presença é uma função capaz de verificar se um determinado usuário está conectado em uma rede e estabelece uma comunicação enviando uma mensagem em tempo real para todos os contatos deste com a informação de presença, desta forma poderão enviar mensagem em tempo real para o usuário conectado. O protocolo para mensagem instantânea e presença padronizado pelo IETF é o XMPP (*eXtensible Messaging and Presence Protocol*).

O XMPP é baseado em XML (*Extensible Markup Language*) que tem como principal funcionalidade a facilidade de descrever dado e documento pela internet. Este protocolo oferece serviços de mensagem instantânea com o modelo cliente servidor e não oferece a possibilidade de troca de áudio e vídeo. Porém, este protocolo pode ser usado com algumas extensões que possibilitem a comunicação com voz e vídeo, além de transferência de arquivos (CASCARDO, 2005, *online*).

No XMPP, cada objeto recebe uma identificação única, o *Jabber* IP (JID), esta identificação permite que mais de um servidor seja utilizado para a comunicação entre diversos usuários. Uma funcionalidade importante disponível neste protocolo é a comunicação multiusuário, em que um usuário pode conversar simultaneamente com mais de um usuário (CARCARDO, 2005, *online*). Desta forma, podem ser criadas salas com grupos de usuários, que podem ser usadas para reunião de qualquer tipo.

A arquitetura para funcionamento do protocolo XMPP pode ser simples ou mista (JUNIOR, 2007, *online*):

- **arquitetura simples:** um servidor é configurado com o protocolo e os clientes conectados a estes servidores podem trocar mensagens, sendo que esses clientes têm seu estado de presença informado pelo servidor, ou seja, o servidor recebe uma confirmação de status do usuário e informa a seus contatos este status.
- **arquitetura mista:** um servidor XMPP conecta-se a outro serviço de mensagem instantânea como, por exemplo, *yahoo messenger*, *MSN messenger*, através de um *gateway*, assim, um cliente XMPP pode se comunicar com clientes que usam outro serviço com outro protocolo como se estivesse no mesmo servidor.

A Figura 4 exibe a arquitetura simples do XMPP.

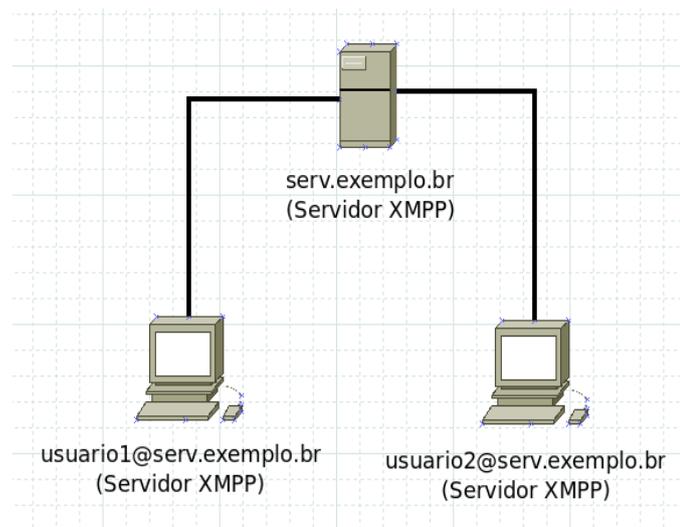


Figura 4 - Arquitetura XMPP Simples

A Figura 4 apresenta a arquitetura mista, que representa a comunicação do servidor XMPP com outros servidores, que usam protocolo XMPP ou outro qualquer como, por exemplo, MSN, AIM e Yahoo! Messenger.

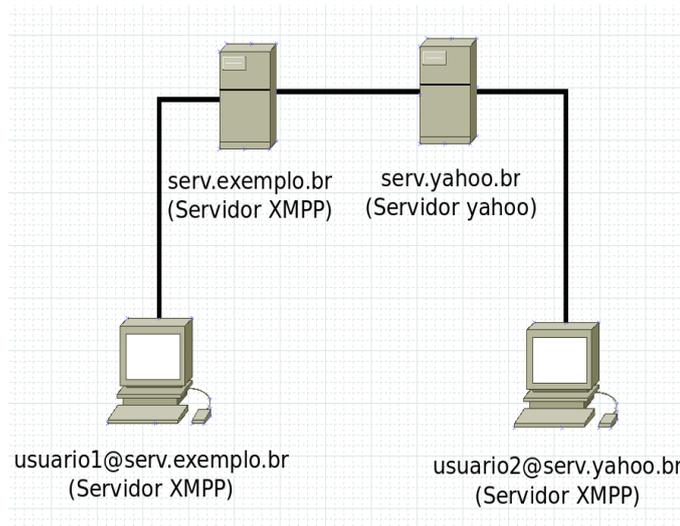


Figura 5 - Arquitetura XMPP Mista

Como mostra a Figura 5 em um ambiente misto, pode-se ter a comunicação entre dois clientes registrados em servidores distintos.

2.1.3 Correio Eletrônico

O correio eletrônico, ou *e-mail*, é uma forma de comunicação textual baseada em redes de computadores, que simula o sistema postal para envio e recebimento de mensagens eletrônicas (KUROSE, 2006, p.84).

A arquitetura básica de um serviço de correio eletrônico é composta por agentes de usuários (MUA - *Message User Agents*), que são programas utilizados pelos usuários para a criação e recebimento de mensagens, e por um agente de transferência de mensagens (MTA - *Message Transfer Agents*), que tem a finalidade de encaminhar as mensagens da origem ao destino (TANEMBAUM, 2004, 736). Dois exemplos de MUA são o Thunderbird e o Evolution; e de MTA são o postfix e o sendmail.

Um usuário utiliza o MUA para escrever sua mensagem e envia a mesma para o MTA, que verifica se o destinatário está em sua base de dados, se não, o MTA reenvia a mensagem

para o MTA responsável pelo destinatário. A comunicação entre o dois MTAs feita através de uma sintaxe rígida com comando e respostas a tais comandos.

Kurose (2006, p.87) observa a importância do fato de que o protocolo utilizado para envio de mensagens de correio eletrônico não deve usar servidores intermediários para o envio das mensagens, desta forma, não importa se um servidor está localizado de lados opostos do globo terrestre, a entrega é feita diretamente de um servidor a outro. Por exemplo, uma mensagem enviada por um usuário de um servidor do Brasil para outro em um servidor localizado na África do Sul é entregue diretamente do servidor no Brasil para o servidor da África do Sul sem intermediários.

O protocolo utilizado para envio das mensagens pelo correio eletrônico é o SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol* - Protocolo Simples de Transferência de Mensagens), que é utilizado tanto para envio de mensagens de um MUA para um MTA, quanto para o envio de mensagens entre dois servidores MTA. O SMTP tem como objetivo a transferência de mensagens de forma confiável e eficiente. É implementado para ser independente da camada de transporte.

Além do SMTP o correio eletrônico também utiliza outros três protocolos. Para o acesso ao conteúdo do correio são utilizados outros protocolos. Os protocolos mais popularmente utilizados para acesso ao correio eletrônico são POP, o IMAP e o HTTP que são detalhados a seguir (KUROSE, 2006, p.92):

- **POP3 (*Post Office Protocol versão 3* - Protocolo de Agência de Correio):** com o protocolo POP3 é um protocolo de simples implementação, que tem como principal função, baixar as mensagens de um servidor e apagar mensagens marcadas para tal pelo usuário.
- **IMAP (*Internet Mail Access Protocol* - Protocolo de Acesso a Email na Internet):** o IMAP é mais complexo que o POP3, pois além de poder baixar os email e apaga, pode se fazer sincronismo com as pastas locais e remotas, ou seja, um email associado a uma pasta no equipamento local do usuário também tem esta correspondência no servidor.
- **HTTP (*Hypertext Transfer Protocol* - Protocolo para Transferência de Hipertextos):** o HTTP pode ser utilizado também para a verificação do usuário, desta forma o navegador de internet do usuário passa a ser o agente de e-mail.

A Figura 6 ilustra o funcionamento básico do serviço de correio eletrônico.

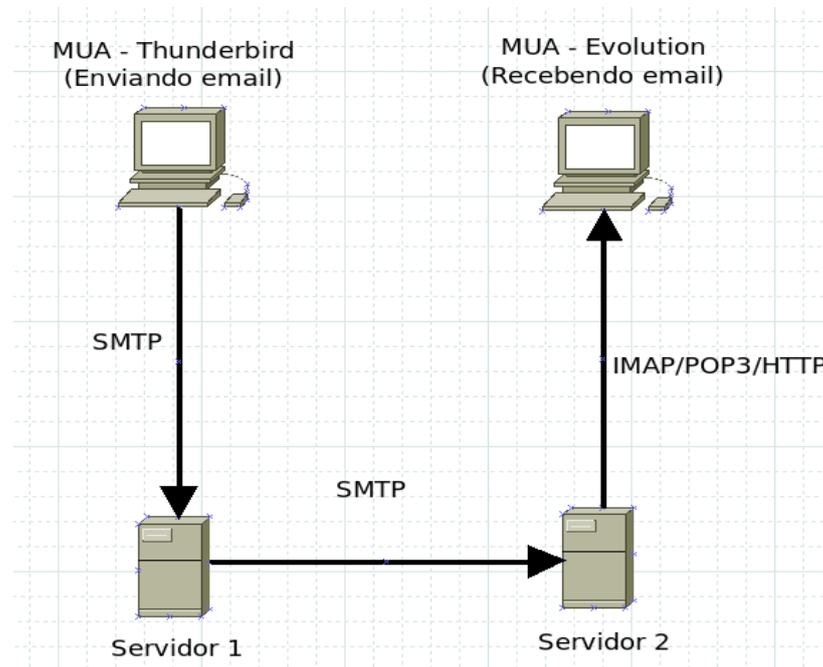


Figura 6 - Funcionamento Básico do correio eletrônico

Na seqüência exibida na Figura 6, um usuário faz a composição de uma mensagem usando o MUA Thunderbird e a envia para o destinatário que verifica as mensagens no MUA Evolution. O MUA origem envia com o protocolo SMTP a mensagem para o MTA, este, ao verificar que o destinatário não está em sua base, encaminha a mensagem para o MTA responsável pelo destinatário da mensagem, também usando o SMTP. Por fim, o destinatário, utilizando o MUA Evolution, recebe a mensagem utilizando um dos protocolos a seguir IMAP, POP ou HTTP.

2.1.4 Áudio e Videoconferência

Áudio e videoconferência oferecem a possibilidade de discussão em grupos ou entre duas pessoas que podem estar em localizações geográficas diferentes, simulando uma comunicação entre pessoas que estejam em um mesmo local (CARNEIRO, 1999, *online*).

Em uma conferência de áudio, um grupo de pessoas está ligado a uma mesma conexão de áudio, na qual, uns podem ouvir os outros e serem ouvidos. Para fazer uma conferência de áudio as pessoas envolvidas apenas ligam para um número específico e se identificam no sistema de áudio conferência. Em áudio ou videoconferência IP, a empresa configura seu servidor para prover os serviços, e os dados trafegam em uma rede de dados como a Internet. Em uma videoconferência, além da voz trafegam imagens, de forma que a interação entre os usuários é mais interativa.

Com o avanço da informática e a evolução das redes de dados, criar e manter um ambiente para provimento de reuniões com o auxílio de áudio e vídeo tem sido comum nas organizações. As conferências passaram de um modelo no qual, usavam-se equipamentos e salas especiais, para um ambiente no qual os usuários podem usar seu *desktop* para fazer sua participação na reunião (CARNEIRO, 1999, *online*).

Serviços de áudio e videoconferências são oferecidos por operadoras de telecomunicações. Porém, devido a necessidades de segurança e a necessidade de aparelhos específicos, no caso da videoconferência, as empresas passaram a implantar estruturas próprias para prover esse tipo de serviço para a realização de reuniões telepresenciais.

Existem duas formas de videoconferência: ponto-a-ponto, e *multicast* (CARNEIRO, 1999, *online*). Em uma conferência ponto-a-ponto apenas dois usuários estão presentes e podem interagir simultaneamente. As conferências *multicast*, para comunicação em grupo, podem ser de duas formas: "*one way*", em que o criador da conferência envia o vídeo e o áudio e os demais participantes assistem à apresentação; e a conferência em grupo, em que todos os usuários podem enviar vídeo e áudio e a interação entre todos do grupo é simultânea.

Em um ambiente de UC, áudio e videoconferências são importantes por diminuir a locomoção das pessoas para reuniões e melhorar a comunicação na medida em que pessoas em áreas geográficas diferentes podem se comunicar com voz e vídeo.

2.2 Qualidade de serviços (QoS)

Com o aumento significativo de aplicações sobre as redes de computadores e, conseqüentemente, com o aumento no tráfego de informações, cresceu também os problemas

com atraso, perda de pacotes etc. As redes de computadores e a Internet usam por padrão o protocolo IP para comunicação. Por ser baseado em pacotes, o IP faz a comunicação entre os computadores dividindo as informações enviadas em pacotes que são recebidos e montados no destino. A forma com que estes pacotes trafegam pode permitir ou não que uma determinada aplicação seja utilizada com um determinado nível de qualidade. Por isso, existe a necessidade de verificação de parâmetros de qualidade de serviços de cada aplicação e uma adaptação na rede para atendê-los.

Aplicações tolerantes ao atraso não são prejudicadas quando há algum tipo de atraso nos pacotes, como é o caso da navegação na Web. Ao solicitar o acesso a uma página usando o navegador de Internet é feita uma solicitação na rede IP que seque o melhor esforço, ou seja, é feita uma tentativa de entrega do pacote sem garantia de entrega da solicitação. Neste ambiente de melhor esforço, a falta de garantia na transferência dos pacotes pode impedir que algumas aplicações possam usar a rede e ter níveis mínimos de parâmetros que permitam o seu uso adequado.

Com o crescimento da utilização de aplicações que necessitam cada vez mais de recurso da rede, como transmissão de TV via Internet, videoconferência e jogos *online*, surge à necessidade de que as tecnologias de rede utilizadas possam diferenciar e priorizar o fluxo de dados e fazer a reserva de recursos necessários para garantir a qualidade de serviço.

Algumas aplicações necessitam que os dados transmitidos sejam tratados com parâmetros específicos, como a videoconferência e a voz sobre IP, que exigem menor atraso ou latência e variação no atraso (*jitter*), bem como perdas mínimas e uma largura de banda específica. Com a implantação de regras para que os pacotes de uma determinada aplicação têm um tratamento diferenciado obedecendo alguns parâmetros pode-se obter qualidade de serviços em uma rede IP para as diferentes aplicações.

Em um ambiente de comunicações unificadas, que possui aplicações de videoconferência, voz sobre IP, serviços de mensagem instantânea e de correio eletrônico, é exigido um tratamento diferenciado dos fluxos de dados, visto que cada um dos serviços oferecidos requer um tipo diferente de tratamento e priorização para que o serviço seja mantido com os parâmetros mínimos de funcionamento do mesmo...

As necessidades de algumas aplicações em ter níveis mínimos de taxa de transferência e perdas de pacotes, entre outros requisitos, podem ser atendidas com a implementação de qualidade de serviço na rede.

Existem várias definições para o termo qualidade de serviços. O ISO (Instituto Internacional para padronização) define qualidade de serviços como sendo “o efeito coletivo de desempenho que determina o grau de satisfação do usuário de um serviço específico” (KAMIENSKI, 2000, *online*). Segundo Tanenbaum (2003, p.422), qualidade de serviços é a necessidade de manter parâmetros mínimos para entrega de um serviço por uma aplicação, diferenciando o tipo de tráfego das diferentes aplicações existentes em uma rede.

A Figura 7 mostra o funcionamento de uma rede com garantia de qualidade de serviços.

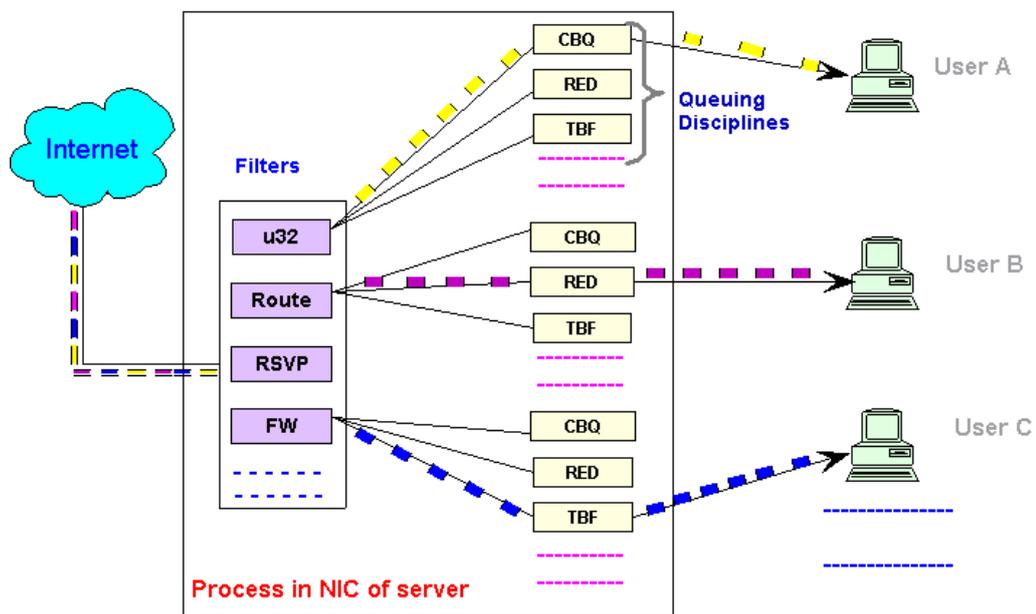


Figura 7 - QoS componentes básicos (VISOLVE, 2006, *online*)

Como exibe a Figura 7, existem dois componentes básicos para se criar um ambiente com garantia de qualidade de serviços, os filtros responsáveis por identificar os pacotes e as disciplinas de serviços que fazem o tratamento de forma diferenciada de cada pacote de acordo com uma especificação de QoS.

Os parâmetros básicos para especificação de qualidade de serviços são: atraso, variação no atraso, largura de banda, perda de pacotes e a qualidade de voz e vídeo (MOS/VMOS), que são explicados nas sessões seguintes. Esses parâmetros são usados como métricas para a realização de testes realizados com o objetivo de medir e analisar a qualidade de determinados serviços/aplicações.

2.2.1 Atraso

O atraso é o tempo gasto pelo pacote, ou grupo de pacotes, para sair de um ponto de origem e chegar ao seu destino. Neste contexto tem-se: o atraso de transmissão, que corresponde ao tempo que um equipamento, como roteador, interface de rede etc., leva para transmitir um pacote para um enlace; o atraso de propagação, que é referente ao tempo que um sinal elétrico gasta para percorrer o meio que está sendo utilizado; o atraso nas filas, que é o tempo que os pacotes esperam nas filas de um dado equipamento para serem transmitidos ao enlace; e o atraso de processamento, que corresponde ao tempo consumido pelos equipamentos para examinar e encaminhar um pacote (FILHO, 2006, 15).

O conjunto dos atrasos citados é denominado atraso fim-a-fim. O atraso fim a fim é a soma dos atrasos que podem ser sofridos por um pacote de sua origem ao seu destino.

Aplicações de tempo real como telefonia e videoconferência, são mais sensíveis ao atraso. Por exemplo, se alguns pacotes forem retardados em uma chamada telefônica, a ligação não terá a qualidade esperada. Em uma aplicação de telefonia o atraso de 150 milissegundos não é percebido pelo ouvido humano, atraso entre 150 e 400 milissegundos pode ser aceitável, já atraso acima de 400 milissegundos pode tornar a comunicação inviável (KUROSE, 2006, p.459), porém, o mesmo atraso em uma aplicação como correio eletrônico não diminui a qualidade do serviço.

2.2.2 Variação no atraso (*jitter*)

Considerando uma rede de computadores, pode-se entender o *jitter* como sendo a variação no tempo e na seqüência de entrega das informações (GOMES, 2005, p. 26). O *jitter* é caracterizado pela quebra da seqüência no tráfego dos pacotes, pois os mesmo podem seguir caminhos distintos na rede e, em cada roteador, o pacote deve esperar sua vez para ser processado, fazendo com que alguns pacotes não chegam ao destino na ordem de envio.

Aplicações multimídia, como vídeo e voz, necessitam que os pacotes cheguem em ordem e em tempos definidos, exigindo um *jitter* mínimo para não sofrerem a degradação da comunicação. Serviços de voz, vídeo e transações críticas, para serem oferecidos com QoS, precisam que os problemas com a variação no atraso sejam resolvidos ou minimizados.

O problema do *jitter* pode ser amenizado com a utilização de um atraso de reprodução (KUROSE, 2006, p.460). Nesse caso, um atraso fixo ou adaptativo é adicionado na reprodução do conteúdo. Para adição do atraso é utilizada a técnica de *buffering*, que consiste em retardar a reprodução das porções de áudio/vídeo, agrupando os pacotes em um *buffer* antes da reprodução. O atraso deve ser suficientemente longo para que grande parte dos pacotes seja recebida antes do tempo de programado para iniciar reprodução pelo receptor. Assim, os pacotes são reproduzidos sem que a latência degrade a comunicação.

2.2.3 Largura de banda (Vazão)

Segundo Silva (2004 p. 11), a largura de banda é um termo utilizado para descrever a capacidade de transferência de dados de uma determinada aplicação em uma unidade de tempo. Fazendo uma analogia com encanamento de água, pode-se dizer que largura de banda corresponde a largura do cano para a passagem de uma quantidade pré-determinada de água.

Em uma rede IP a largura de banda corresponde ao número de bits que podem ser transmitidos por segundo. O bit (*binary digit* - dígito binário) neste contexto é a menor unidade de informação transmitida, desta forma, a medição da vazão ou *bitrate* é feita em bits por segundo (bps). Quantidades múltiplas de 1024 recebem na nomenclatura o acréscimo de uma letra que corresponde ao valor. Por exemplo, 1024 bps é nomeado como 1 kbps e assim por diante.

Algumas aplicações não necessitam de qualidade de serviços, porém, todas necessitam de uma largura de banda específica, por isso, este é o parâmetro mais básico na especificação de QoS (MARTINS, 1999, p. 8). Dessa forma, para fornecer qualidade de serviços deve-se garantir uma largura de banda mínima para o fluxo de dados da aplicação, que deve ser pré-configurada na rede.

Na Tabela 2 são listadas algumas aplicações e a largura de banda requerida por estas.

Tabela 2 - Aplicações x Largura de banda (MARTINS, 1999, p. 9)

Aplicação	Vazão (Típica)
Aplicações Transacionais	1 kbps a 50 kbps
Voz	10 kbps a 120 kbps
Aplicações Web (www)	10 kbps a 500 kbps
Vídeo (Streaming)	100 kbps a 1 Mbps
Vídeo MPEG	1Mbps a 10 Mbps
Aplicação imagens médicas	10 Mbps a 100 Mbps
Aplicação Realidade Virtual	80 Mbps a 150 Mbps

Em uma aplicação de voz que requeira uma largura de banda de 120 Kbps, se em algum momento a vazão disponível para este fluxo for menor que os 120 kbps demandados, como em casos de congestionamento, a comunicação será degradada ou até impossibilitada. Por isso, para garantir qualidade de serviços a uma determinada aplicação, é necessária a garantia de largura de banda mínima.

2.2.4 Perda de Pacotes

Um pacote pode ser enviado e não ser recebido por um destinatário, quando isto ocorre diz-se que houve a perda do pacote. A quantidade de pacotes perdidos tende a aumentar conforme o aumento do tráfego na rede, sendo que a maioria das perdas ocorre em nós congestionados (KUROSE, 2006, p. 32). A perda de pacotes afeta diretamente as aplicações na rede e deve ser considerada quando se pensa em implantar QoS pois, tais perdas podem inviabilizar a utilização de algumas aplicações sensíveis a perda de pacotes.

Pacotes podem ser perdidos em várias situações, as principais são (FILHO, 2006, p. 18):

- **perdas devido às filas dos roteadores estarem cheias:** quando a fila de um roteador enche, os pacotes encaminhados para o mesmo são descartados.

- **falhas em algum enlace no trajeto do pacote:** com a queda de um enlace, pacotes que estavam sendo transmitidos são perdidos.
- **encaminhamento errado por um nó da rede.**
- **erro de transmissão, que podem ocasionar perda de pacotes.**

As perdas de pacotes são problemáticas principalmente para aplicações em tempo real, como é o caso da voz sobre IP e da videoconferência, por exemplo, perdas de pacotes de voz digitalizada podem tornar a comunicação inviável. Por isso, existe a necessidade de definição e garantia de perdas mínimas para cada tipo de aplicação.

A Tabela 3 mostra a relação de sensibilidade de alguns serviços quanto aos parâmetros de qualidade de serviços, nota-se que diferentes aplicações requerem diferentes níveis dos parâmetros de QoS. A voz, por exemplo, requer uma largura de banda (vazão) muito baixa, porém, é muito sensível ao atraso e a variação do atraso, já o correio eletrônico é mais sensível a perdas e menos sensível a latência e ao *jitter*.

Tabela 3 - Aplicações x Sensibilidade ao Parâmetro de QoS (SILVA, 2004, p. 10)

Tipo de Tráfego	Vazão	Perdas	Latência	Jitter
Voz	Muita Baixa	Média	Alta	Alta
Comércio Eletrônico	Baixa	Alta	Alta	Baixa
Transações	Baixa	Alta	Alta	Baixa
Correio Eletrônico	Baixa	Alta	Baixa	Baixo
Acesso Remoto (Telnet)	Baixa	Alta	Média	Baixa
Navegação Web Casual	Baixa	Média	Média	Baixa
Navegação Web Crítica	Média	Alta	Alta	Baixa
Transferência de Arquivos	Alta	Média	Baixa	Baixa
Videoconferências	Alta	Média	Alta	Alta
Multicast	Alta	Alta	Alta	Alta

Na seção seguinte são apresentadas algumas alternativas técnicas para implantação de qualidade de serviços em uma rede IP.

2.2.5 Qualidade de Voz - MOS, e vídeo VMOS.

O MOS (*Mean Opinion Score*) e o VMOS (*Video Mean Opinion Score*) são padrões de verificação de qualidade de áudio e vídeo respectivamente, baseados em uma opinião subjetiva dos ouvintes ou visualizadores do vídeo. Os valores de MOS/VMOS são obtidos de forma subjetiva, em que é atribuída uma nota de 1 a 5, sendo 1 para péssimo, nestes caso a comunicação é inviável, e 5 excelente quase como a comunicação face à face. As outras opções são 2 para muito ruim, comunicação ou visualização também impossível, 3 para razoável e 4 para bom, com imperfeições perceptíveis porém, sem atrapalhar o áudio ou vídeo (DAVIDSON, 2008, p.169).

2.2.6 Alternativas técnicas para implantação de QoS em rede IP

Existem várias alternativas para implantação de qualidade de serviços em redes IP. A escolha da alternativa a ser implantada deve considerar a situação em que a qualidade de serviços é requerida, como, por exemplo, nos períodos de pico de tráfego, quando a rede enfrenta situações de congestionamento e de carga muito elevada (MARTINS, 1999, p.14). Nesses casos, o mecanismo de qualidade de serviços será definido visando solucionar problemas como a alocação de recursos, a seleção de tráfego de pacotes, a priorização de pacotes e o descarte de pacotes.

Das alternativas disponíveis, duas são considerada para uso em qualquer rede baseada em IP, o IntServ e o DiffServ. O Intserv é baseado em reserva de recursos e o Diffserv é baseado em diferenciação de fluxos baseado no campo TOS (*Type of Service - Tipo de*

Serviço) dos pacotes IP. Nos itens que segue, serão apresentadas as duas arquiteturas e suas características.

2.2.6.1 *Arquitetura IntServ*

Nesta arquitetura, os recursos são previamente reservados por uma aplicação antes do envio dos dados, esta reserva é feita através do protocolo de sinalização RSVP (*Resource Reservation Protocol* - Protocolo de Reserva de Recursos) (MARTINS, 1999, p.15). O RSVP é um protocolo de sinalização que tem suas funcionalidades sobre o tráfego de pacotes numa rede. Além da definição de como as aplicações solicitam sua necessidade de QoS à rede, outro aspecto operacional da arquitetura IntServ é como os elementos da rede (roteadores, *switch* etc) procederão para que seja garantida a qualidade de serviço solicitada, que são detalhadas em várias recomendações RFCs (*Request for Comment* - Requisições de Comentários) produzidas pelo IETF(MARTINS, 1999, p.15).

A arquitetura IntServ garante qualidade de serviços a fluxos individuais devido a sua capacidade de requisitar reserva de recursos por fluxo. Porém, a reserva de recurso por fluxo causa algumas dificuldades na implantação e manutenção de tal arquitetura. Kurose (2006, p.493) aponta duas dificuldades presentes na arquitetura IntServ associadas ao modelo de reserva de recursos por fluxo, que são a escalabilidade e a definição de modelos de serviços flexíveis.

Na reserva de recurso por fluxo exige-se que um roteador seja utilizado para processar tal reserva de modo que possa ser mantido o estado de cada fluxo que passa pelo roteador. Em uma rede de grande porte pode haver uma sobrecarga no roteador que executa, também, esta função. Por isso, a dificuldade em escalabilidade presente nesta arquitetura.

Além disso, Kurose (2006, p.494) afirma que, pelo fato da arquitetura IntServ atender apenas um pequeno número de classes de serviços preestabelecidas, não seria possível definições mais qualitativas ou relativas entre as classes como, por exemplo: "o serviço de classe A receberá tratamento preferencial em relação ao serviço de classe B", o que seria mais próximo da nossa idéia intuitiva de diferenciação de serviços. Desta forma, fica caracterizada a dificuldade de definição de modelos de serviços flexíveis na arquitetura IntServ.

Essas dificuldades levaram a criação da arquitetura DiffServ, que tem como objetivo prove diferenciação de serviços escalável e flexível. Por isso, neste trabalho será utilizada tal arquitetura para implantação da qualidade de serviços no o ambiente proposto, pois em um ambiente de comunicações unificadas, a escalabilidade e flexibilidade, são essenciais, devido aos vários serviços disponibilizados nesta arquitetura. Assim, a seção a seguir apresenta a arquitetura DiffServ com mais detalhes.

2.2.7 Arquitetura DiffServ

A arquitetura DiffServ tem como principal motivação a implementação de diferenciação para agregados de tráfego de forma flexível e escalável em redes IP. Agregados de tráfego são agrupamentos de pacotes que possuem um código que os identifica. Na arquitetura DiffServ este código é o DSCP (*Differentiated Service Code Point*), de forma que os pacotes são categorizados e classificados através da marcação do DSCP no campo DS (*Differentiated Service*) (FILHO, 2006, p.31).

No cabeçalho de um pacote IP, o campo ToS (*Type of Service - Tipo de Serviço*), no caso do IPv4, ou o campo CoS (*Class of Service - Classe de Serviço*), no caso do IPv6, é utilizado para marcação DS, sendo que os pacotes que possuem as mesmas marcações DS são tratados da mesma forma em todos os nós da rede, em um ambiente DiffServ.

O DSCP é um código de 6 bits utilizado para marcar os pacotes de modo que os mesmos possam ter um comportamento diferenciado na rede. Os três primeiros bits do DSCP correspondem a precedência IP, os três seguintes são utilizados para marcação DS para diferenciação dos serviços e os dois últimos bits são utilizado para controle de rede. Na Figura 8, é mostrado, com um corte no cabeçalho IP, o campo DSCP

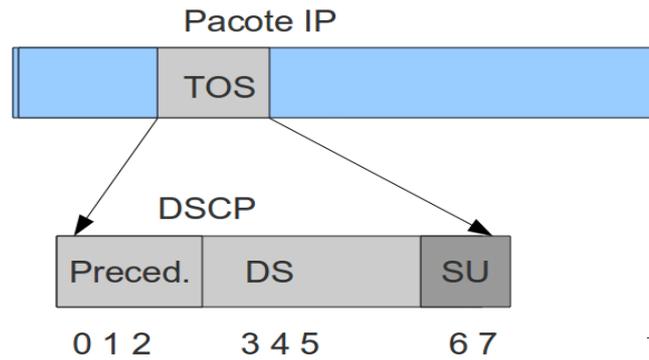


Figura 8 - Campo TOS no pacote IP

Os bits de precedência permitem que um roteador faça o agrupamento de fluxos de tráfego baseados nas oito diferentes classificações possíveis neste campo (DAVIDSON, 2008, p. 194). A precedência IP está padronizada e corresponde ao nível de prioridade dos pacotes.

Na Tabela 4 estão listados os valores de IP precedência, quanto maior o valor em que o pacote estiver classificado maior será o nível de prioridade no tratamento e alocação de recursos da rede.

Tabela 4 -: Bits de Precedência (SILVA, 2004, p. 24)

Valor	Bits	Descrição
0	000	Precedência Padrão (Rotina)
1	001	Precedência Prioridade
2	010	Precedência Prioridade Imediata
3	011	Precedência Relâmpago (Flash)
4	100	Precedência Super Relâmpago
5	101	Precedência Crítica
6	110	Precedência Controle Inter-Redes (Internetwork Control)
7	111	Precedência Controle de Rede

Os pacotes marcados com um determinado DSCP, devem ter um comportamento diferenciado na rede. O comportamento destes pacotes dentro de um domínio DS é chamado de PHB (*Per Hop Behavior - Comportamento por Salto*). Nos próximos itens, são descritos alguns aspectos técnicos que são relevantes na implantação de um domínio DiffServ

2.2.7.1 Comportamento por Salto (*Per Hop Behavior - PHB*)

O *Per Hop Behavior* (PHB) define o comportamento que determinados pacotes devem ter na rede de acordo com um DSCP específico em um domínio DS. O PHB padrão é definido pelo valor 000 000 no DS, que corresponde ao serviço de melhor esforço (*best effort*). Desta forma, é assegurado o roteamento pelos roteadores que não são configurados para o domínio DiffServ (FILHO, 2006, p.35).

O PHB é definido conforme as necessidades de tráfego e de acordo com as funções dos serviços contratados, um serviço define as características necessárias para cada pacote transmitido na rede, para isso, podem requerer largura de banda e *buffer* e a definição de algumas características de tráfego como perdas, atraso e *jitter* (SILVA, 2004, p. 19).

O IETF, através da RFC 2744, define mais dois padrões de PHB, além do comportamento padrão de melhor esforço. O encaminhamento expresso (*Expedited Forwarding - EF - Repasse Acelerado*) e o encaminhamento assegurado (*Assured Forwarding - AF - Envio Assegurado*).

O PHB de encaminhamento expresso (PHB-EF) é utilizado para assegurar baixa perda, baixo atraso, baixa variação no atraso (*jitter*) e garantia mínima de banda. Aplicações que exigem esses parâmetros para funcionar adequadamente, como VoIP e videoconferência, costumam utilizar este tipo de PHB (FILHO, 2006, p. 35).

O PHB-EF especifica que a taxa de envio de uma determinada classe pelo roteador deve ser igual ou maior que a taxa configurada, de maneira que durante qualquer intervalo de tempo de que esta classe tenha assegurada uma banda mínima para sua taxa de transmissão. Outra implicação é que um isolamento deve ser definido entre as classes de tráfego para que esta taxa de mínima seja mantida mesmo que as demais classes estejam sobrecarregadas.

O PHB de encaminhamento assegurado (PHB-AF) se divide em quatro grupos, chamados de classes. Cada classe pode ter três níveis de precedência de descarte e tem um tratamento preferencial sobre outras classes. A precedência de descarte corresponde a seqüência das classes que terão pacotes descartados quando houver congestionamento na rede.

Desta forma o PHB-AF permite que diferentes classes possam ter diferentes níveis de serviços para os vários agregados de tráfego. A Figura 9 relaciona as classes de serviços DiffServ a seu respectivos DSCP.

← Prioridade de tratamento				
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Precedência de Descarte ↓	001010(AF11)	010010(AF21)	011010(AF31)	100010(AF41)
	001100(AF12)	010100(AF22)	011100(AF32)	100100(AF42)
	001110(AF13)	010110(AF23)	011110(AF33)	100110(AF43)

Figura 9 - Classes DiffServ e seus respectivos códigos DSCP

Nos valores DSCP, representados na Figura 9, os três primeiros dígitos correspondem a precedência de descarte para casos de congestionamento na rede e os três últimos dígitos representam a classe, ou seja, o nível de prioridade de tratamento dos pacotes. Por exemplo, na classe 1, os valores 001010(AF11) correspondem a classe com maior prioridade e o menor nível de precedência de descarte, já os valores 100110(AF43) corresponde a classe 4 o que equivale à menor prioridade e maior precedência de descarte do PHB-AF.

Quando houver congestionamento, os primeiro pacotes a serem descartados são os da classe AFx3, em seguida os da classe AFx2 e, por fim, os da classe AFx1 (FILHO, 2006, p.36). A precedência de descarte é utilizada para penalizar fluxos dentro de um mesmo agregado de tráfego que excedam parâmetros estabelecidos à classe.

São necessárias funções de roteamento configuradas em cada nó DS para que o mesmo comportamento seja assegurado em todos os nós do domínio DiffServ, de maneira que os pacotes marcados com um determinado DSCP tenham o mesmo comportamento na rede. A seção a seguir apresenta as funções de roteamento necessárias para a garantia de qualidade de serviços em um ambiente IP.

2.2.8 Funções de roteamento para garantia de qualidade de serviços

O condicionamento do tráfego requerido para que seja fornecida qualidade de serviços em um ambiente DiffServ inclui as seguintes funções de roteamento: classificação, marcação, policiamento, suavização e escalonamento de filas (FILHO, 2006, p.20). A Figura 10

demonstra as funcionalidades necessárias para a implantação de qualidade de serviços nos roteadores, em seguida cada uma delas será explicada cada uma delas.

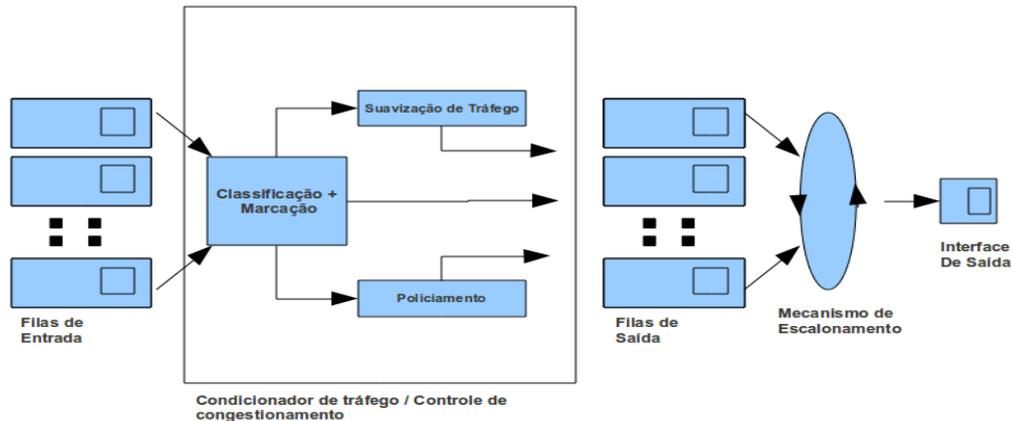


Figura 10 - Funções de Roteamento para garantia de qualidade de serviços

Com a função de classificação, um roteador faz a distinção dos pacotes pertencentes a diferentes classes de tráfego (KUROSE, 2006, p. 482). Na classificação, o roteador examina o cabeçalho dos pacotes, seguindo alguns critérios como, por exemplo, número da porta, endereço de origem etc. Com o objetivo de identificar o fluxo ou serviço a qual os pacotes pertencem. Esta identificação permite que possa ser tomada uma ação previamente estabelecida, tornando possível uma modificação no comportamento dos pacotes.

Um exemplo da utilização de classificação, descrito por Filho (2006, p. 21), é que dois pacotes ao chegarem à fila do roteador, um de vídeo e outro de FTP, o primeiro sensível e o último tolerante ao atraso, teriam que ser diferenciados pelo roteador de forma que um tratamento diferenciado possa ser dado a cada um com relação ao atraso.

Já a marcação, dos pacotes que podem ser feitas antes ou depois da entrada no domínio DS, distingue os pacotes de maneira que uma classificação dos mesmos possa ser feita. É importante ressaltar que apenas a marcação dos pacotes não define um comportamento para o tráfego do mesmo, e sim a configuração prévia da rede para tratar os pacotes com esta marcação.

Classificação e marcação são funções que estão intrinsecamente associadas, para que os pacotes sejam marcados, uma distinção prévia dos mesmos deve ser feita pelo roteador. As funções de classificação e marcação são definidas de acordo com a estratégia de qualidade de serviços utilizada (FILHO, 2006, p.21). Na arquitetura DiffServ os pacotes classificados são marcados com a alteração do campo ToS (*Type of Service*) do cabeçalho IP com o código

DSCP. Desta forma, os pacotes são tratados de forma diferenciada pelo roteador, de acordo com as classes de tráfego.

Após a marcação, os pacotes são submetidos ao policiamento ou a suavização de tráfego. O primeiro consiste em um conjunto de regras associadas a serviços e descreve condições que devem ser satisfeitas para que uma ação seja tomada. O segundo fornece um mecanismo para controle do tráfego injetado na rede, esta tem a função de regular os fluxos da rede (FILHO, 2006, p.22).

O policiamento, neste contexto, monitora o tráfego da rede e verifica se o mesmo está em conformidade com contratos de níveis de serviços. O contrato de nível de serviços (*Service Level Agreement - SLA*) estabelece um conjunto mínimo de parâmetros de QoS para um determinado serviço (COSTA, 2008, 12). Os pacotes fora deste acordo são processados conforme regra de policiamento definida e o que estão dentro do acordo devem obedecer ao conjunto de regras estabelecido no mesmo. Um exemplo de policiamento é a marcação de pacotes que estão fora do acordo para descarte, a condição aqui seria pacotes fora da taxa acordada para o serviço e a ação marcação para descarte (FILHO, 2006, p.22).

A suavização de tráfego é um mecanismo utilizado para controle do volume do tráfego na rede. Os fluxos encaminhados na rede podem ser superiores ao tráfego permitido para o mesmo, desta forma, se nenhuma ação for tomada tal fluxo poderia sobrecarregar a rede. Por isso, é importante o uso da suavização para controlar o fluxo na rede. Kurose (2006, p. 489) aponta três diferentes critérios para regulação do tráfego:

- **a taxa média** na qual pode se limitar a taxa média de encaminhamento de um determinado fluxo por um período de tempo;
- **taxa de pico** em que além de limitação da taxa média pode se também determinar um valor máximo para envio dos pacotes de um fluxo;
- **tamanho da rajada** que limita o tamanho máximo de pacotes que podem ser enviados para dentro da rede durante um intervalo de tempo.

Por fim, após o processamento, os pacotes são repassados através de filas de saída. Nestas filas, os pacotes aguardam até que chegue a vez de serem transmitidos. A maneira pela qual estes pacotes são selecionados para envio é conhecido como escalonamento de filas (FILHO, 2006, p. 24).

As filas têm o objetivo de prover mecanismos de escalonamento nos roteadores de maneira que se possa compartilhar banda de uma forma justa, garantir parâmetros de qualidade

de serviços como atraso, variação no atraso e largura de banda específica. Existem vários algoritmos de escalonamento de filas, também chamados de disciplinas de escalonamento de enlace (KUROSE, 2006, p. 485). As principais disciplinas de escalonamento são FIFO (*First In First Out* - Primeiro a Entra - Primeiro a Sair), PQ (*Priority Queueing* - Enfileiramento Prioritário), CBQ (*Class Based Queueing* - Enfileiramento Baseado em Classes) e o WFQ (*Weighted Fair Queueing* - Enfileiramento Justo Ponderado).

2.2.8.1 Primeiro a Entrar - Primeiro a Sair/ *First In First Out (FIFO)*

Nas filas do tipo FIFO os pacotes são encaminhados na ordem de chegada, o primeiro a chegar é o primeiro a sair. Neste tipo de fila não há uma decisão sobre prioridade dos pacotes, a sua ordem de chegada é que determina a distribuição dos recursos como largura de banda, atraso etc (SILVA, 2004, p.25). A Figura 11 demonstra o funcionamento de disciplina de escalonamento FIFO.

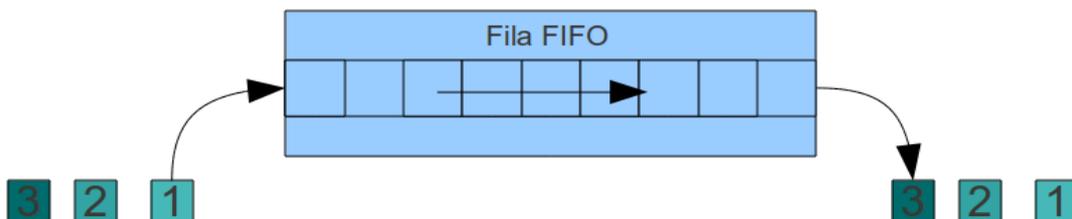


Figura 11 - FIFO - Primeiro a entrar, Primeiro a Sair.

A disciplina de enfileiramento FIFO foi muito utilizada para roteamento, porém, atualmente, com o aumento de serviços fornecidos, as redes necessitam de algoritmos com um maior nível de sofisticação.

Nesta disciplina, como a ordem de chegada dos pacotes é que determina a largura de banda e o tempo que os mesmos ficarão na fila, não há como ser garantida a qualidade dos serviços, pois a latência e o fluxo dos pacotes dependerão do tamanho da fila. Além dos problemas citados, nas filas que usam esta disciplina os pacotes são descartados quando as

filas estão cheias. Com isso, a FIFO mesmo sendo uma das disciplinas que fazem um tratamento justo aos pacotes não cumpre as exigências dos nós serviços sobre a rede IP.

2.2.8.2 *Enfileiramento Prioritário / Priority Queueing (PQ)*

Nas filas PQ os pacotes são classificados e encaminhados de acordo com um nível preestabelecido de prioridade, de forma que os com maior prioridade são atendidos primeiro e em seguida os com prioridade menor. A classificação dos pacotes em um domínio DiffServ é feita utilizando o campo ToS no IPv4 e CoS no IPv6 (KUROSE, 2006, p.486).

Deve-se tomar cuidado ao utilizar o enfileiramento prioritário, pois o mesmo pode postergar de forma indefinida o envio de pacotes na rede, visto que, enquanto tiver pacotes com maior prioridade sendo transmitidos, os com menor prioridade ficam aguardando, e ainda como os que ficam aguardando no *buffer* enquanto os de maior prioridade são atendidos os de menor prioridade que chegam são descartados, aumentando a latência e a perda de pacotes.

2.2.8.3 *Enfileiramento Baseado em Classes / Class Based Queueing (CBQ)*

O CBQ é uma variação do enfileiramento prioritário em que são criadas várias filas, nas quais, pode-se personalizar a prioridade e a largura de banda. Desta forma, cada tipo de tráfego pode ter uma largura de banda definida e uma prioridade específica (SILVA, 2004, p.31). Outro ponto importante desta disciplina é que o atendimento das filas é de forma cíclica, ou seja, um pacote de classe 1 é transmitido, em seguida um de classe 2 e assim por diante, ao chegar ao final da fila volta a enviar outro pacote com prioridade 1 (KUROSE, 2006, p. 488). A Figura 12 ilustra o processo feito pela disciplina de escalonamento CBQ.

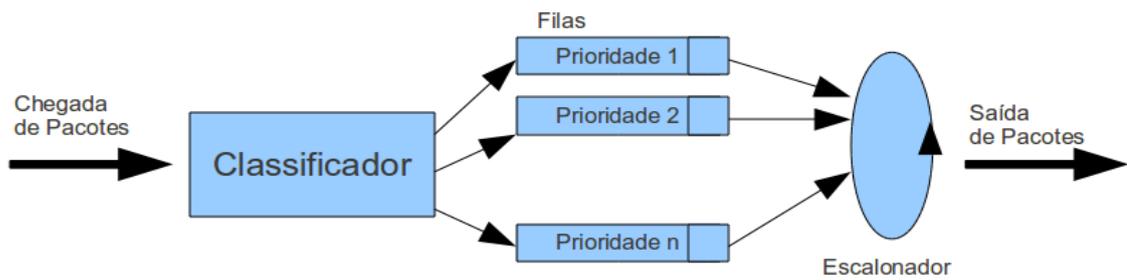


Figura 12 - Algoritmo de Escalonamento CBQ

Na disciplina de enfileiramento baseado em classes, como o tráfego é categorizado e classificado e, em seguida, enfileirado em diversas filas que são atendidas de forma cíclica, tem-se uma diminuição da latência e a diminuição da possibilidade de haver escassez de *buffer*.

2.2.8.4 Enfileiramento Justo Ponderado / *Weighted Fair Queueing (WFQ)*

No WFQ, os pacotes são classificados e enfileirados por classes. Como acontece no CBQ, o atendimento das filas se dá de forma cíclica, ou seja, um pacote de cada fila é enviado por vez, iniciando pelo de maior prioridade. A diferença entre o CBQ e WFQ é o fato de cada classe poder receber uma quantidade de serviços diferentes a qualquer intervalo de tempo (KUROSE, 2006, p. 488). A Figura 13 ilustra o processo da disciplina de enfileiramento ponderado.

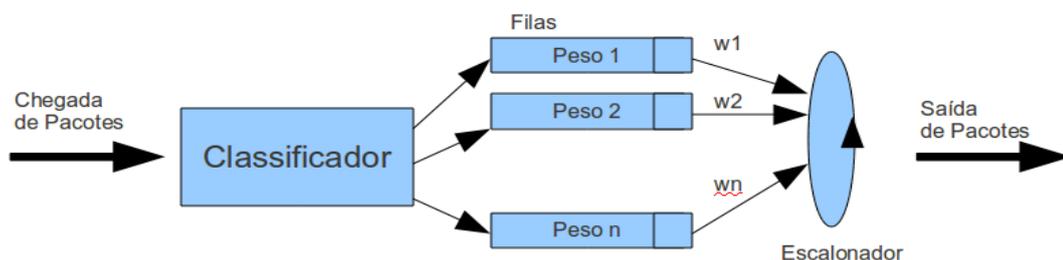


Figura 13 - Algoritmo de Escalonamento WFQ

A cada classe i no WFQ é atribuído um valor w_i o enfileiramento justo ponderado garante que, em cada intervalo de tempo no qual houver pacotes da classe i a ser transmitido, e classe receberá uma fração de serviço de acordo com a Equação 1:

$$\left[\frac{w_i}{\sum w_j} \right]$$

Equação (1)

Na qual o denominador é a soma de todas as classes que também tenham pacotes na fila para transmissão. Desta forma mesmo com o pior caso, mesmo com todas as classes tendo pacotes na fila, a classe i terá uma garantia de uma fração de acordo com a Equação 1 da largura de banda. Sendo assim, um enlace com transmissão R , a classe i , conseguirá sempre uma largura de banda mínima de um valor resultante da Equação 2 (KUROSE, 2006, p. 488).

$$\left[R * \frac{w_i}{\sum w_j} \right]$$

Equação (2)

As duas principais alternativas técnicas para implantação de QoS em rede IP, que estão sendo consideradas pelo IETF (*Internet Engineering Task Force*), são as arquiteturas IntServ e a DiffServ (MARTINS, 1999, p.16). O IntServ (*Integrated Services* - Serviços Integrados) garante a qualidade de serviços através de um mecanismo de reserva de recursos na rede. O DiffServ (*Differentiated Services* – Serviços Diferenciados) provê garantia de serviços através de mecanismos de priorização de pacotes na rede, nesta arquitetura não há uma reserva de recurso e sim uma classificação dos pacotes.

Na seção seguinte, serão apresentados recursos existentes no ambiente operacional GNU/Linux, que serão utilizados neste trabalho para a implantação de qualidade de serviços em um ambiente de comunicações unificadas (UC

2.2.9 Roteamento e QoS no GNU/Linux

O GNU/Linux é um sistema operacional multitarefa, multiusuário e de distribuição livre (FILHO, 2006, p.37). O GNU/Linux é um sistema operacional, distribuído pela a licença GPL

(*General Public Licence*), esta licença permite que qualquer usuário ou empresa em posse deste sistema faça cópias, modificações em seu código e o redistribua livremente contanto apenas que a redistribuição também seja feita para GPL e as liberdades desta forma, possam ser asseguradas.

Esta liberdade no uso do GNU/Linux tem o feito evoluir muito rapidamente no que tange ao conjunto de funcionalidades disponíveis no sistema e um conjunto muito grande de ferramentas que são constantemente aprimoradas fora criado ao longo de sua existência.

Como o GNU/Linux pode ser utilizado como roteador e possui todas as funcionalidades necessárias a ser implantadas para suportar qualidade de serviços em uma rede IP usando a arquitetura DiffServ, o mesmo foi escolhida a ser utilizado na rede implantada para realização dos testes de qualidade de serviços no ambiente de comunicações unificadas.

2.2.9.1 *Controle de tráfego e QoS usando o GNU/Linux*

Controle de tráfego é o nome dado ao conjunto de funcionalidade de uma rede com objetivo de controlar o fluxo de pacotes, decidindo quais serão encaminhados, descartados, priorizados e qual a taxa de transmissão de cada pacote. O controle de tráfego foi implantado no GNU/Linux partir do FIFO (*First In First Out* - Primeiro a Entra - Primeiro a Sair), PQ (*Priority Queueing* - Enfileiramento Prioritário), CBQ (*Class Based Queueing* - Enfileiramento Baseado em Classes) e o WFQ (*Weighted Fair Queueing* - Enfileiramento Justo Ponderado) (FILHO, 2006, p. 38).

Em sua configuração padrão o controle de tráfego no GNU/Linux trabalha com uma fila simples e o escalonamento usando a disciplina FIFO. O controle de tráfego é baseado em 4 conceitos principais, disciplina de serviço, classe, filtro e policiadores. Para melhor entendimento os princípios básicos serão detalhados a seguir (SOARES, *online*):

- **disciplina de serviço:** usada para gerenciamento das filhas de tráfego, estas disciplinas podem possuir algoritmos de escalonamento como CBQ por exemplo. Pode ainda apenas fazer a marcação ou remarcação dos pacotes como a **dsmark**.

- **classe:** é um nó na hierarquia de controle de tráfego, ela não faz o gerenciamento das filas. Para este fim, ela utiliza uma disciplina de serviço.
- **filtro:** é a forma pela qual um pacote é atribuído a uma classe. Cada disciplina ou classe possui uma lista de filtros aos quais se aplicam as suas prioridades.
- **policiadores:** os policiadores são responsáveis pelas ações tomadas quando um pacote chega ao roteador. Várias ações são possíveis, dependendo a arquitetura de controle de tráfego no GNU/Linux. Demonstra-se a tal arquitetura na Figura 14.

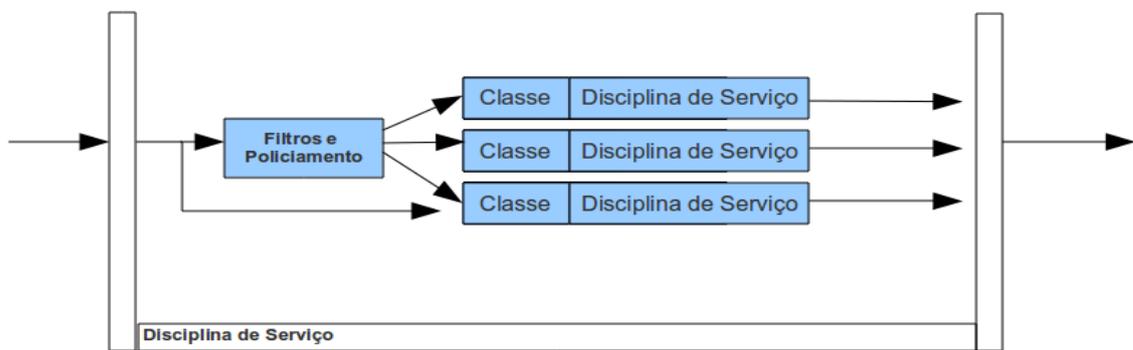


Figura 14 - Arquitetura de controle de tráfego no GNU/Linux

A ferramenta de controle de tráfego e configuração de QoS no GNU/Linux é a TC (*Traffic Control*), que faz parte do pacote Iproute2, utilizado para configuração de parâmetros de rede no GNU/Linux. Essa configuração pode ser feita por meio da combinação de diversos parâmetros como seleção das interfaces a serem utilizadas, seleção dos campos a serem marcados para identificação das classes e configuração das disciplinas a serem utilizadas para controle de tráfego.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção são apresentados dois trabalhos relacionados ao tema deste aqui apresentado, que foram estudados com o objetivo de auxílio na compreensão do funcionamento da garantia de QoS e na definição dos testes a serem realizados no trabalho. Este trabalho e os relacionados têm objetivos distintos, mas possuem um foco semelhante.

Foram encontrados vários outros trabalhos relacionados à QoS em redes IP, porém, os dois abordados aqui se assemelham mais a este projeto e apresentaram resultados de maior relevância.

Os trabalhos apresentados são: "Tecnologias DiffServ como suporte para a qualidade de serviços (QoS) de aplicações multimídia - aspectos de configuração e integração", dissertação apresentada à Universidade Salvador para obtenção de título de mestre por Jorge Lima de Oliveira Filho; e "Análise de qualidade de Serviços em Redes Corporativa", dissertação apresentada ao Instituto de Computação UNICAM para obtenção do título de mestre por Dinalton José da Silva.

3.1 Tecnologias DiffServ como suporte para a qualidade de serviços (QoS) de aplicações multimídia - aspectos de configuração e integração.

O trabalho "Tecnologias DiffServ como suporte para a qualidade de serviços (QoS) de aplicações multimídia - aspectos de configuração e integração" foi realizado com o objetivo de especificação, desenvolvimento, implantação e validação de um protótipo experimental, utilizando a arquitetura DiffServ para a verificação de problemas de QoS em rede IP. O protótipo implantado teve como objetivo simular um experimento de telemedicina.

No trabalho de Filho (2006, *online*) são apresentados os princípios básicos, parâmetros e definição de qualidade de serviços. O autor apresenta a arquitetura DiffServ e suas especificidades, em seguida apresenta detalhes, apresenta ainda, um cenários com aplicações

multimídias no qual foram feitos os testes, por fim, são feitas 12 campanhas de medição em cenários de testes distintos.

O ambiente produzido é uma rede protótipo experimental que simula o projeto Infravida, criado no intuito de prover sistema de telemedicina com áudio e videoconferência. Filho (2006, p.12) apresenta os requisitos de QoS do projeto Infravida e, em seguida, os requisitos para criação dos cenários de testes.

Finalmente, foi efetuado teste na rede protótipo experimental para os cenários descritos. As medições são feitas com base em quatro parâmetros de QoS, a saber: vazão, Atraso, Variação no Atraso e Perda de pacotes. São utilizados cenários com duas disciplinas de escalonamento, a CBQ e a HTB. Em seu trabalho, baseado nos resultados dos testes, Filho (2006, p.112) concluiu que a disciplina CBQ atendeu de forma satisfatória os requisitos da rede utilizada para os testes.

Com a simulação do tráfego de um ambiente multimídia de telemedicina, o trabalho realizado por Filho (2006, *online*) demonstrou algumas características importantes das duas disciplinas utilizadas para se obter qualidade de serviços em um ambiente com diversas aplicações, cada uma com as suas especificidades. Em um outro ambiente, com um conjunto distinto de aplicações do estudo por Filho, este trabalho procurou verificar o comportamento de diversas aplicações em um ambiente sem as configurações para garantia de QoS, e um outro utilizando a disciplina CBQ.

3.2 Análise de qualidade de Serviços em Redes Corporativa

O trabalho “Análise de qualidade de Serviços em Redes Corporativa” foi realizado com o objetivo de analisar os modelos de QoS, e a sua aplicabilidade em redes corporativas, para isso são analisados os modelos para aplicações de redes corporativas.

Silva (2004, *online*), neste trabalho, faz um breve histórico sobre qualidade de serviços, em seguida apresenta a arquitetura DiffServ e suas especificidades, depois detalha os experimentos e testes para redes corporativas propostos em seu trabalho.

Foram realizados testes com quatro disciplinas de escalonamento, a saber: Melhor Esforço (*Best Effort*), Fila de Prioridade (*Priority Queue*), Fila Customizada (*Custum Queue*)

e Fila Baseada no Peso (*Weight Fair Queue*). Segundo o autor, os resultados dos testes podem auxiliar na escolha de que método aplicar em determinadas redes corporativas.

Em sua dissertação, o autor comprovou as funcionalidades e benefícios do uso de QoS, bem como demonstrou, por meio de testes práticos, as vantagens que se podem ter com cada um dos modelos de QoS testados.

O autor conclui seu trabalho discorrendo sobre cada um dos modelos estudados, o de melhor esforço, primeiro estudado é o modelo mais utilizado porém não atende aos níveis de exigência necessário para comunicações e outras aplicações, quanto ao modelo de prioridade, é eficiente por fazer a divisão do tráfego por prioridade, porém deve ser utilizado de forma criteriosa, as filas customizadas, ainda segundo Silva (2004, *online*), se aproxima de um modelo mais justo por possuir algoritmos que podem definir uma largura de banda e priorização para pacotes,, o modelo de fila justa baseado em peso, neste modelo, o tráfego é compartilhado e não há o problema de um serviço ser totalmente bloqueado, por fim, é feita a análise em uma variação do modelo de fila justa baseada em peso.

Assim como foi feito no trabalho de Silva (2004, *online*), fez-se um estudo neste trabalho de cada uma das principais disciplinas, porém, aqui com o intuito de se obter uma melhor alternativa para o ambiente de rede e o conjunto de aplicações presentes. O autor do trabalho apresentado nesta seção utilizou apenas o parâmetro largura de banda, para verificação dos modelos por ele estudados. Neste trabalho devido as necessidades apresentada pelos serviços oferecidos em um ambiente de comunicações unificadas, além do parâmetro largura de banda, foram verificadas as perdas de pacotes, o atraso e a sua variação e o MOS e VMOS para verificação subjetiva dos serviços de áudio e vídeo respectivamente.

Os dois trabalhos são relevantes, porém são em ambientes distintos do utilizado neste trabalho e não é feita uma aplicação com percepção do usuário. Neste trabalho foram efetuados testes em um ambiente de comunicações unificadas levando em consideração a percepção do usuário na utilização real das aplicações. Porém foram de suma importância para consolidação dos conceitos de envolta do tema qualidade de serviços e seus parâmetros.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção é apresentado o local no qual foi criado o laboratório utilizado para realização dos testes propostos, o *hardware* e os *softwares* utilizados, e os métodos utilizados para desenvolvimento deste trabalho.

4.1 Local e Período

Para criação do ambiente de comunicações unificadas para realização das configurações e testes propostos neste trabalho foi utilizado o Laboratório de Redes de Computadores (LaRC), do Complexo de Informática do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA). O desenvolvimento deste trabalho se deu no segundo semestre de 2010 e teve como objetivo a obtenção de grau de bacharel em sistema de informação pelo CEULP/ULBRA.

4.2 Hardware

Para criação do laboratório foram utilizados cinco computadores (*Desktop*), dos quais:

- **dois** foram utilizados como roteadores;
- **um** foi configurado como roteador e como servidor de comunicações unificadas utilizando GNU/Linux Elastix; e

dois, também com o GNU/Linux, foram configurados como clientes e utilizados para a criação de chamadas reais de áudio e videoconferência, sessões de mensagem instantânea e fluxos de tráfego .

Também, foi utilizado um *switch LG GoldStream* com 16 portas para interligar os equipamentos utilizados.

4.3 Software

Os *softwares* utilizados para realização deste trabalho estão sobre uma licença de livre distribuição como a GPL (*General Public Licença - Licença de Pública Geral*) ou a BSD (*Berkeley Software Distribution*) e estão listados nesta seção.

ELASTIX

O Elastix é um servidor de comunicações unificadas distribuído sobre a filosofia do *software* livre, baseado na distribuição GNU/Linux CentOS, que provê os seguintes serviços: voz sobre IP e telefonia, utilizando o *software* de IP PBX Asterisk; correio eletrônico e mensagens de voz, provido usando o servidor de e-mail Postfix; mensagens instantâneas e presença, utilizando o Openfire; e web conferência são providos através de módulos desenvolvidos na própria ferramenta.

As aplicações contidas no Elastix, bem como o sistema operacional, são mantidas por outras empresas, como pode ser visto no parágrafo anterior. O principal diferencial do Elastix está na integração destas ferramentas e na facilidade de configuração e manutenção por intermédio de uma interface *web*.

IPROUTE2

O pacote *iproute2* é um conjunto de utilitários para controle de rede e engenharia de tráfego no GNU/Linux. As principais ferramentas deste pacote são: **route** para gerenciamento

de redes; e **tc** para controle de tráfego, utilizado para configuração de roteamento. O **tc** é utilizado com a seguinte sintaxe : **tc [opções] objeto {comando|help}**:

as opções podem ser: **-s** (statistics), **-d** (details) ou **-r** (raw);

o objeto pode ser: **qdisc** (disciplina), **class** (classe) e **filter** (filtro).

Os principais algoritmos de escalonamento que podem ser utilizados no GNU/Linux pela ferramenta **tc** são: FIFO (*First In First Out* - Primeiro a Entra - Primeiro a Sair), PQ (*Priority Queueing* - Enfileiramento Prioritário) e CBQ (*Class Based Queueing* - Enfileiramento Baseado em Classes).

Um exemplo é a configuração do algoritmo de escalonamento CBQ na interface de rede eth0, que pode ser feita com o comando **tc qdisc add dev eth0 root handle 1:0 cbq**, sendo que:

tc qdisc add: adiciona uma disciplina, poderia ser utilizado o parâmetro **del** para apagar a disciplina;

dev eth0: determina que a disciplina seja adicionada a interface eth0;

root: este parâmetro significa que a disciplina adicionada a interface corresponde a fila de saída, para configurar uma disciplina na interface para fazer o policiamento do tráfego de entrada usa-se o parâmetro **ingress**;

handle 1:0 : para uso com disciplinas de serviços é usado um valor da forma maior:menor , por padrão, o maior número é configurado com 1 e o menor com zero

cbq : a disciplina qdisc escolhida.

IPTABLES

O Iptables está presente nas distribuições mais novas do GNU/Linux e faz parte do pacote netfilter. O iptables possui funções de *firewall* NAT e *log* dos dados trafegados em uma determinada rede de computadores.

RUDE e CRUDE

Os *softwares* RUDE e CRUDE fazem parte do mesmo pacote e são utilizados para geração e recepção de tráfego, respectivamente. O rude usa um arquivo de configuração para a definição dos fluxos de tráfego que serão gerados, o **script_rude.cfg**, e suas principais

métricas estão relacionadas a qualidade de serviços. O crude captura o tráfego gerado, e armazena-os em um arquivo de log, ou exibe os resultados na tela do equipamento.

QOSPLOT

O Qosplot é uma ferramenta para plotagem de parâmetros de qualidade de serviços, que lê os arquivos de texto gerados pelo CRUDE e cria tabelas e arquivos de plotagem a serem utilizados pelo GNULPOT.

GNUPLLOT

O Gnuplot é um programa utilizado para criação de gráfico em 2D e 3D, que permite a visualização de gráficos com duas ou mais variáveis e pode ser utilizado para fazer a leitura de dados de um arquivo, como os gerados pelo QOSPLOT.

NTPD

O ntpd é um *software* que utiliza o protocolo de rede para sincronização de hora NTP (*Network Time Protocol*). Os servidores com NTP permitem que clientes possam sincronizar os computadores baseados em um servidor utilizado como referência.

Linphone

Linphone é um *software opensource* para utilização do protocolo SIP (*Session Initialization Protocol*). O linphone suporta vários *codecs* de áudio e vídeo e permite comunicação de áudio e sessões de mensagem instantânea.

PidGin

O Pidgin é um programa de comunicação instantânea com a capacidade de conexão simultânea em várias redes. Possui suporte a redes como MSN, ICQ, Google Talk e ao protocolo padrão de mensagem instantânea XMPP.

4.4 Métodos

Esta seção apresenta os passos seguidos para o desenvolvimento deste trabalho, desde a revisão de literatura, necessária para se obter os requisitos elaboração dos testes e implementação do laboratório e definição das métricas, até a descrição e dos testes realizados.

No primeiro momento, foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre os temas abordados neste trabalho, com a finalidade de obter o conhecimento necessário para compreender comunicações unificadas, QoS e temas relacionados e de fazer a delimitação do que seria necessário para a criação de um laboratório experimental que atendesse aos requisitos necessários para o uso de comunicações unificadas com qualidade de serviços. A partir da pesquisa, fez-se a definição do *software* e *hardware*, bem como dos serviços que seriam implantados e de como os testes seriam realizados.

Foi escrita uma revisão de literatura na qual são apresentadas as definições de conceitos relacionados às comunicações unificadas e qualidade de serviços, bem como a descrição de dois trabalhos relacionados ao tema, que ajudaram a realização deste projeto. Em comunicações unificadas foram observados os principais serviços disponibilizados e os parâmetros de qualidade de serviços requeridos por estes.

Com os estudos dos serviços disponíveis em um ambiente de comunicações unificadas, constatou-se que as chamadas de áudio e as videoconferências necessitam de um tratamento diferenciado em uma rede IP para serem servidos com qualidade. Foram estudadas e descritas duas arquiteturas para implantação de qualidade de serviços em rede, as arquiteturas IntServ e DiffServ, sendo que a segunda foi escolhida para ser implementada no ambiente de comunicações implantado por se adaptar as necessidades do ambiente implementado.

Depois, foi definida a implantação do ambiente de comunicações unificadas e os testes com foco nos serviços de áudio utilizando o *codec* G.711 e no vídeo com o *codec* de vídeo H.264. Tais *codecs* foram escolhidos por possuírem uma qualidade de áudio no caso do G.711 e de vídeo no caso do H.264 com MOS e VMOS respectivamente muito alto, com isso, a verificação destes parâmetros poderão ser facilmente observadas.

Após a definição com base na revisão bibliográfica do ambiente a ser implantado e dos serviços a serem analisados, o *hardware* necessário foi alocado para a implantação dos testes, no LaRC/CEULP.

O ambiente de comunicações unificadas foi configurado da seguinte forma: primeiro foi configurada a parte de roteamento e em seguida a parte de qualidade de serviços. Três computadores foram configurados como roteadores, dois de borda e um de núcleo da rede. No computador do núcleo foi instalado e configurado o servidor de comunicações unificadas Elastix. Também, em dois computadores, foram configurados dois clientes para utilização dos serviços disponíveis no servidor (VoIP, videoconferência, mensagem instantânea e correio eletrônico). Os clientes estavam em redes distintas e a comunicação entre os dois era feita através dos três roteadores. Nos clientes, foram configurados o *softphone* Linphone e o cliente de mensagens instantâneas Pidgin, para realizar comunicação de áudio e vídeo conferências e sessões de mensagem instantânea.

Após a configuração básica de rede foi feita a configuração para realização dos testes, que foram feitos em dois cenários:

- **cenário 1:** ambiente sem implementação de distinção ou tratamento diferenciado no tráfego, ou seja, sem QoS.
- **cenário 2:** ambiente com a configuração de qualidade de serviços, baseada na necessidade de cada.

Nos roteadores foi configurada a disciplina CBQ com uma largura de banda de 10 Mbps e uma fila FIFO, para os testes sem QoS, cenário 1. Após a realização dos testes, os roteadores foram reconfigurados com uma largura de banda de 10 Mbps e com a disciplina CBQ, com a adição dos filtros e de uma classificação com pesos para fazer a diferenciação dos serviços disponibilizados na rede, sendo um com 1 Mbps para o tráfego de voz com marcação EF, 7 Mbps para o tráfego de vídeo marcado com DSCP AF41 e um último para pacotes com marcação padrão com DSCP de melhor esforço. Em seguida foram realizados os testes com QoS, cenário 2.

No cenário 1 (sem QoS) fez-se uma chamada de áudio e videoconferência, utilizando o Linphone, e uma sessão de mensagem instantânea, com o Pidgin. Também, foram gerados tráfegos com o RUDE, para simulação de três chamadas de áudio de 64kbps, três de vídeo de 1500kbps e um fluxo para geração de ruídos na rede de 117 Mbps.

No cenário 2 (com QoS) foram realizadas as configurações dos clientes e do servidor de comunicações unificadas para a marcação dos pacotes de áudio com DSCP EF, dos pacotes de vídeo com DSCP AF41 e padrão para os demais tráfegos. O RUDE foi configurado para fazer a marcação do campo TOS com DSCP correspondente. Em seguida foi realizada a chamada de áudio e vídeo e a ativação dos fluxos no RUDE, de forma que a partir desse momento os pacotes dos fluxos estavam marcados.

O RUDE utiliza o relógio do emissor e do receptor dos fluxos para a computação dos parâmetros, por isso foi utilizado o protocolo NTP, através do *software* ntpd, para que os clientes fizessem a sincronização de data e hora baseadas no servidor Elastix, que já tem como padrão o ntpd ativo.

Em paralelo com o RUDE foi executado o CRUDE, que gerou os arquivos de log em formato de texto. Depois, foram geradas as tabelas com os parâmetros de QoS para cada fluxo, usando o Qosplot, e os gráficos que apresentam os parâmetros de qualidade de serviços, usando o Gnuplot.

Por fim, foram feitas as descrições dos resultados obtidos com os testes, fazendo-se um paralelo entre as características do tráfego com e sem QoS.

4.5 Métricas

As métricas utilizadas para a análise de desempenho da rede com relação os tráfegos gerados na rede foram as seguintes:

- **atraso:** que corresponde ao tempo de envio e recebimento de um pacote. A voz e o vídeo necessitam que o atraso seja menor que 200 milissegundos para serem transmitidos com qualidade.
- **variação no Atrasa (*jitter*):** corresponde a ordem de chegada e a variação no tempo de chegada dos pacotes em seu destino. Esta variação precisa ser de no máximo 30 milissegundos tanto para o áudio quanto para o vídeo.
- **largura de banda (vazão):** corresponde ao número de itens (bits) transmitidos em uma determinado período (segundos). A banda necessária aos *codecs* de

áudio G.711 é para cada fluxo 64 kbps e para cada fluxo de vídeo usando o *codec* H.264 é de 1500 kbps.

- **perda de pacotes:** corresponde a quantidade de pacotes que sai da origem e por algum motivo não alcançam o destino. As perdas máximas para o *codec* G.711 de forma que o áudio ainda continue perceptível é de no máximo 10%, já o *codec* de vídeo H.264 é de 3%.
- **MOS/VMOS:** são padrões de verificação de qualidade de áudio e vídeo respectivamente, baseados em uma opinião subjetiva dos ouvintes ou visualizadores do vídeo. O *codec* de áudio G.711 tem MOS de 4.1, o vídeo poderá utilizar toda a escala de VMOS.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em um ambiente de comunicações unificadas, vários serviços de forma integrada são utilizados através da rede IP. As redes baseadas no protocolo IP funcionam por padrão como um ambiente de melhor esforço, sem a garantia de entrega dos pacotes nem uma priorização para que serviços que necessitam de parâmetros de qualidade sejam atendidos de forma adequada. Por isso viu-se a necessidade de estudar este ambiente e suas especificidades, e fazer uma demonstração com testes práticos de como tais serviços podem ser fornecidos com qualidade em uma rede IP.

Foi implantada uma rede de comunicações unificadas e configurada com o servidor de comunicações unificadas Elastix e roteadores com o GNU/Linux, e nesta rede foram realizados testes em dois cenários, com e sem a implantação de QoS.

Os testes foram feitos com uma chamada de áudio e videoconferência entre dois clientes na rede para verificação de parâmetro de qualidade baseado no MOS e VMOS, e foram gerados tráfegos correspondentes à três chamadas de áudio e videoconferência e um tráfego para gerar ruído na rede, utilizando o RUDE com o objetivo de se fazer a mensuração dos parâmetros de qualidade de serviços; atraso, variação do atraso, largura de banda e perda de pacotes.

Foram criados dois cenários de testes, um sem a implementação de QoS, para verificação dos parâmetros de QoS em um ambiente de comunicações unificadas utilizando uma rede IP com configuração padrão, e um outro cenário, desta vez com a rede configurada para garantia de QoS aos fluxos gerados.

Existem alguns trabalhos que se assemelham em algum ponto a este, estes trabalhos são apresentados na seção 2.4. O trabalho realizado por Filho (2006) apresenta a utilização da arquitetura DiffServ para o provimento de serviços multimídia em um ambiente de telemedicina, se assemelha a este por utilizar a arquitetura DiffServ em ambiente com voz e vídeo, e difere por não ser realizada a verificação em um ambiente e uma situação real. O outro trabalho é o de Silva (2004), que se assemelha a este nos parâmetros estudados e

analisados, porém, tal trabalho não analisa o MOS e VMOS e sua rede experimental foi feita usando roteadores CISCO e o objetivo foi demonstrar em testes práticos as funcionalidades de cada modelo de QoS.

A seguir são apresentadas as topologias física e lógica de rede na qual foram implantados os serviços de comunicações unificadas e realizados os testes, são demonstrados os resultados dos testes no cenário 1 (sem QoS) e no cenário 2 (com QoS) e, por fim, é feita uma comparação entre os resultados obtidos nos dois cenários.

5.1 Topologia Física da Rede de Testes

A rede utilizada para desenvolvimento deste trabalho foi implantada no Laboratório de Rede de Comutadores (LaRC) do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA). Para implantação desta rede foram utilizados 5 computadores interligados em uma rede LAN de 100 Mbps através de um Switch LG com de 16 portas. A Figura 21 apresenta a estrutura da rede física montada.

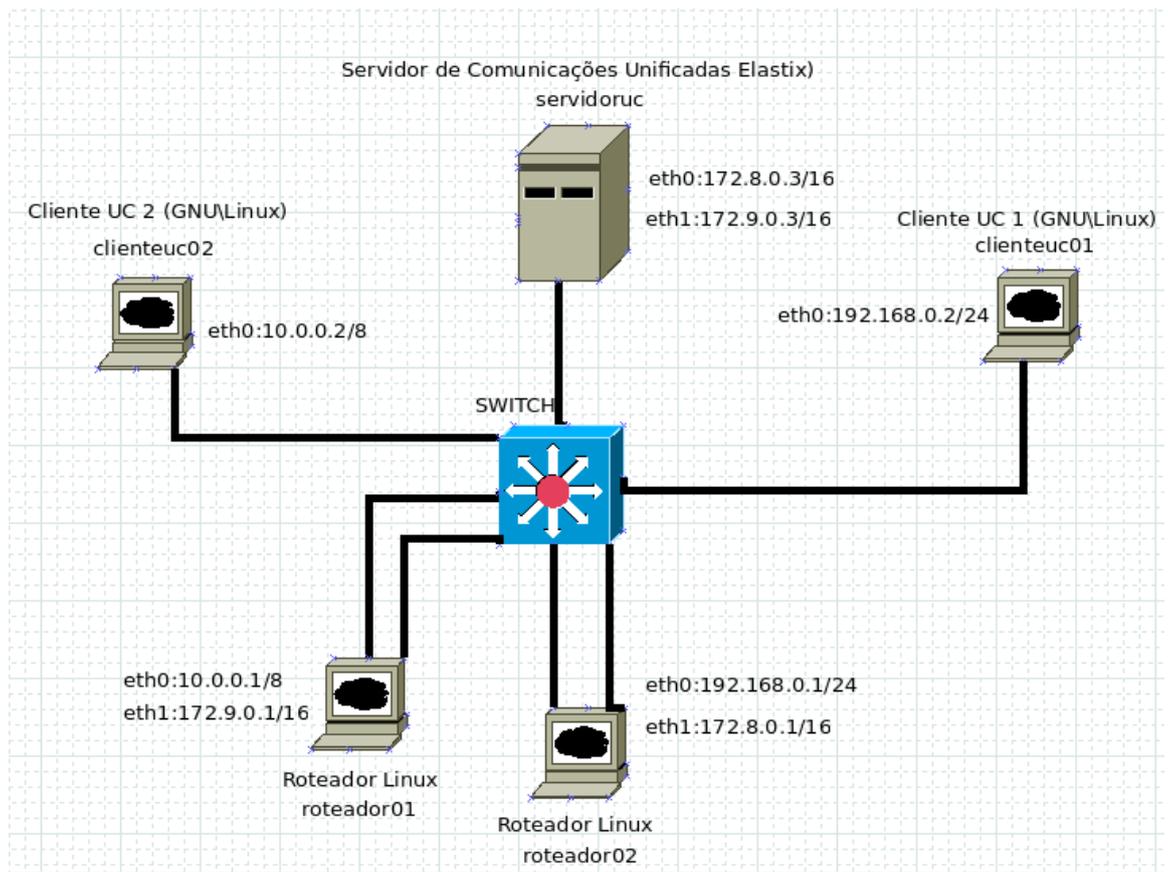


Figura 15 - Topologia Física

A topologia de rede exibida na Figura 21 é formada por dois roteadores de borda que foram utilizados para tratamento dos pacotes e foram configurados com e sem QoS para que fossem feitos os testes, também possui um servidor de UC com o GNU/Linux Elastix instalado e configurado para prover os serviços e 2 computadores que foram utilizados como clientes dos serviços de UC.

Os clientes um e dois estão em redes distintas e a comunicação entre os dois é feita pelos roteadores 1 e 2 e pelo servidor de comunicações unificadas. Desta forma, todo o fluxo da comunicação entre os clientes passará pelos dois roteadores e pelo servidor de UC de maneira que possa se verificar os parâmetros do pacote que trafega em toda a rede.

5.2 Topologia Lógica da Rede de Testes

A topologia lógica da rede de testes possui as seguintes características; o **clienteUC01** e o **roteador02** estão conectados através da rede **192.168.0.0/24**, o **servidoruc** que também está configurado como roteador e tem o comportamento de um roteador de núcleo de rede, está conectado ao **roteador02** através da rede **172.8.0.0/16**. O **servidoruc** também está conectado a rede **172.9.0.0/16** a qual o **roteador01** também tem conexão, por fim, o **roteador01** está conectado a rede **10.0.0.0/8** a qual o **clienteuc02** faz parte. A topologia lógica da rede de testes está apresentada na Figura 23.

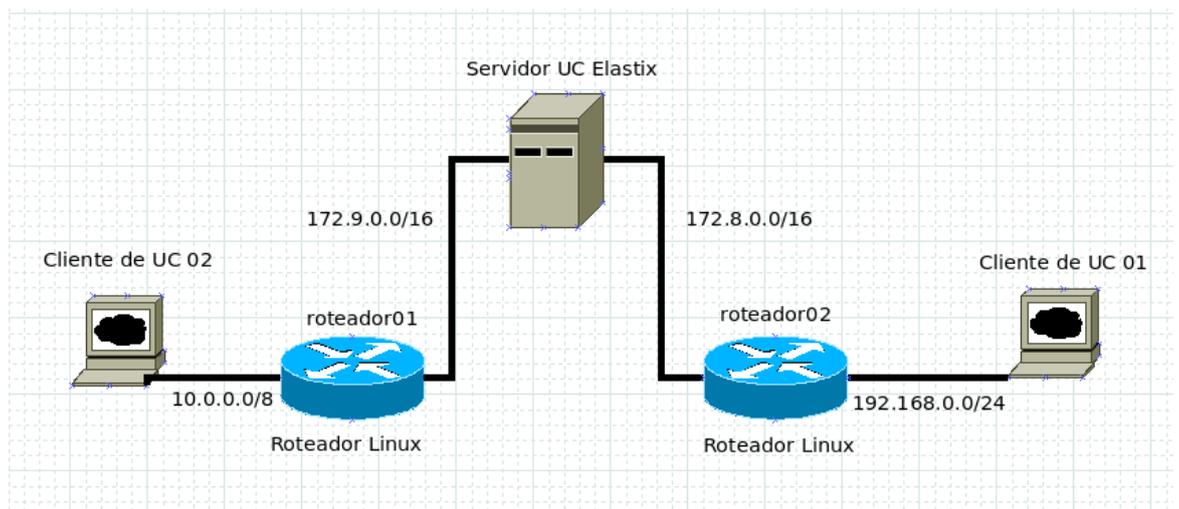


Figura 16 - Topologia Lógica da Rede de Testes

Como pode ser visto na Figura 23, para conexão entre o cliente de UC 01 e o cliente de UC 02, o tráfego precisa passar pelos dois roteadores e pelo servidor de comunicações unificadas. Esta topologia foi necessária pois no teste de comunicação real são trocados pacotes entre os clientes e o servidor, o que não aconteceria se os dois roteadores não estivessem conectados por intermédio do servidor de UC. Desta forma, todo o tráfego gerado entre os dois clientes passam pelo servidor de UC.

A descrição das configurações da topologia lógica e dos cenários é apresentada no Apêndice 1.

5.3 Testes Práticos

Nos dois cenários de testes executados neste trabalho, foram testados fluxos de áudio e vídeo, em um ambiente de comunicações unificadas. Os testes foram realizados utilizando uma chamada real com áudio e vídeo e foram gerados fluxos utilizando o RUDE para simulação de três chamadas, também de áudio e vídeo. Para realização de tais testes foi acrescentado um fluxo com tráfego excessivo para que fosse verificada a interferência dos demais tráfegos com relação aos de maior prioridade.

Com os testes buscou-se a verificação das alterações nos parâmetros de qualidade e serviços que foram apresentados em detalhes na seção 3.4.3. Foram verificados os parâmetros de qualidade de serviços utilizando as métricas apresentadas na seção 3.4.1.

As tabelas e gráficos apresentados nos dois cenários foram gerados com o Qosplot a partir dos arquivos de *log* do CRUDE, e os gráficos foram gerados com a utilização do *software* Gnuplot, que utiliza os arquivos de comando gerados pelo Qosplot.

5.3.1 Cenário 1 - Sem QoS

No cenário 1, foram realizados testes no ambiente de comunicações unificadas sem a implementação de QoS. Nesta seção serão apresentados os resultados dos testes nas perspectivas do usuário dos serviços, e também cada um dos fluxos gerados pelo RUDE serão detalhados.

A chamada realizada utilizando o servidor de comunicações unificadas Elastix, apresentou as seguintes características: o áudio apresentou ruídos e distorções que tornaram a som transmitido ininteligível, o que daria uma nota MOS menor que 3.5, pois não foi possível estabelecer uma comunicação de áudio clara com o codec utilizado, não dando para entender o que se falava entre os usuários, quanto a videoconferência, o VMOS poderia ser dado no valor de 2, pois além das falhas, havia um certo atraso que impedia uma visualização

adequada do vídeo. A Figura 24 mostra uma imagem capturada durante os testes no cenário 1.



Figura 17 - Imagem Cenário 1 - Testes Sem QoS

O fluxo de áudio apresentou como mostra a Figura 23, uma perda de pacotes de 92%, e atraso médio de 18 milissegundos a variação no atraso permaneceu em uma média de 713 milissegundos. Os demais detalhes deste fluxo estão apresentados na Figura 24 e nos gráficos 1, 2, 3 e 4.

Filename, stream	"crude1SemQOS.txt", 0
Packets sent	410
Packets received	32
Packets lost	378
Loss rate [%]	92.195122
Packets reordered	0
Packet reorder rate [%]	0.000000
Max. throughput [b/s]	36480.00
Min. throughput [b/s]	0.00
Average throughput [b/s]	5836.80
Max. delay [s]	18448034674388.972656
Min. delay [s]	18448033693997.949219
Average delay [s]	18448034343523.335938
Max. delay variation [s]	972734.027344
Min. delay variation [s]	-856111.136719
Average delay variation [s]	713.61

Figura 18 - Tabela de Resultados do Fluxo 01 - G.711 no cenário 1

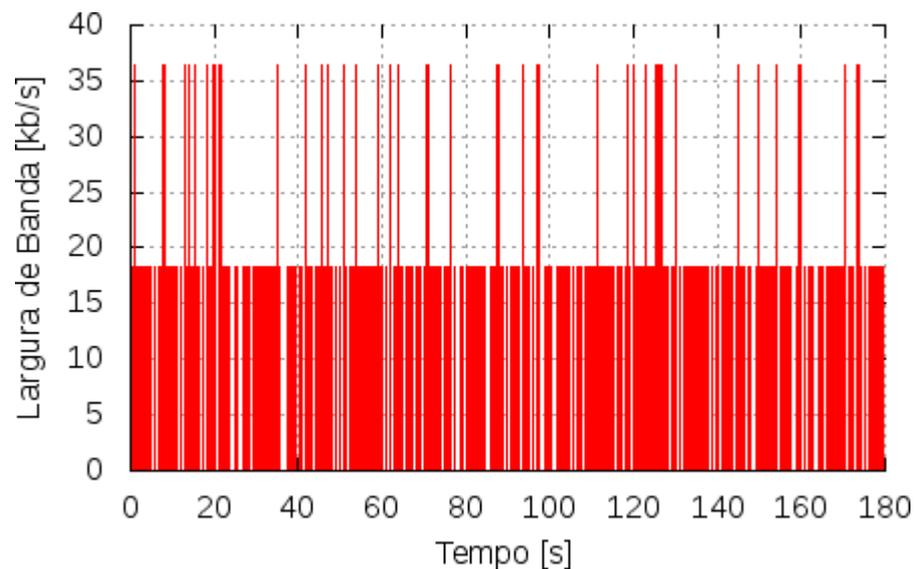


Gráfico 1 - Largura de Banda - Fluxo 01 - G.711 no cenário 1

No Gráfico 1, no qual é apresentada a largura de banda, nota-se que na maior parte do tempo a vazão não chegou 20 kbps com picos de até 36 kbps. Tendo em vista que o *codec* de áudio G.711 necessita de uma largura de banda mínima de 64 kbps, este parâmetro não é atendido neste cenário.

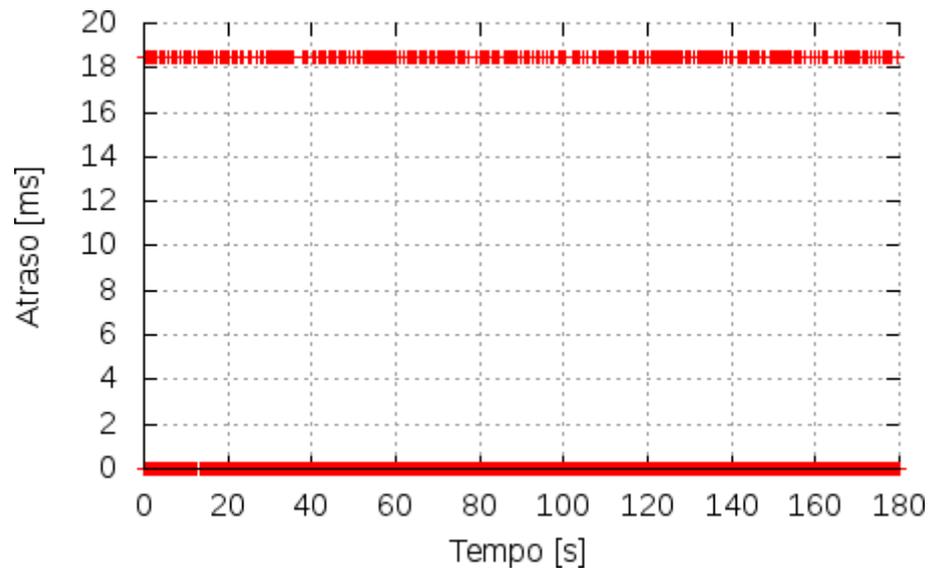


Gráfico 2 - Atraso - Fluxo 01 - G.711 no cenário 1

O atraso como demonstrado no Gráfico 2, permaneceu na maior parte do tempo entre 0 e 18 milissegundos. O atraso quase que constante em 18 milissegundos se deu pelo fato de as filas terem um tamanho muito pequeno, tendo sido configuradas para 10 pacotes. Com isso os pacotes que chegaram a seu destino, não tiveram que esperar muito nas filas para seu roteamento. Como o *codec* G.711 requer um atraso mínimo de 200 milissegundos, parâmetro de qualidade Atraso, foi atendido neste cenário.

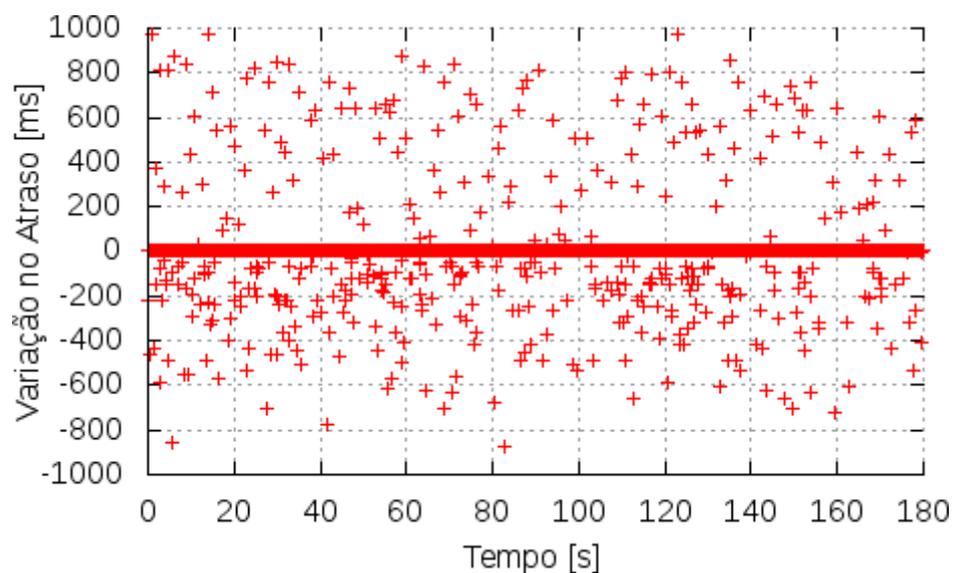


Gráfico 3 - Atraso - Fluxo 01 - G.711 no cenário 1

O parâmetro variação no atraso ficou com uma média de 713 milissegundos, chegando a variar entre -1 e 1 segundo como mostra o Gráfico 3. Como o *codec* G.711 necessita de uma variação no atraso de no máximo 30 milissegundos, este parâmetro não foi atendido neste cenário.

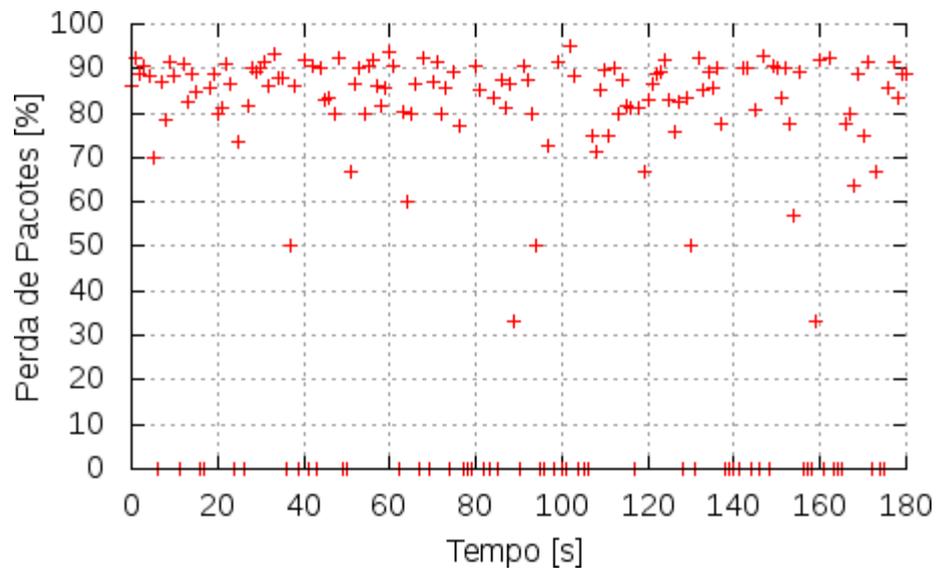


Gráfico 4 - Perda de Pacotes - Fluxo 01 - G.711 no cenário 1

O parâmetro perda de pacotes foi um dos que mais se distanciou das necessidades do fluxo em questão. Como mostra o Gráfico 4, na maior parte do tempo as perdas ficarem em aproximadamente 90%. O *codec* G711 tolera perdas de no máximo 10 por cento dos pacotes transmitidos, com isso, o parâmetro perda de pacotes não atende as necessidades de áudio em um cenário sem a implantação de QoS.

A seguir são apresentados os resultado para o fluxo 4, correspondente ao *codec* de vídeo H.2641. Detalhes do arquivo com os resultados gerados pelo CRUDE e compilados com o Qosplot e Gnuplot referentes ao fluxo 04 gerado pelo RUDE e correspondente ao *codec* H.264 são exibidos na Figura 25 e nos Gráficos 5, 6, 7 e 8.

Filename, stream	"crude4SemQOS.txt", 0
Packets sent	1266
Packets received	66
Packets lost	1200
Loss rate [%]	94.786730
Packets reordered	0
Packet reorder rate [%]	0.000000
Max. throughput [b/s]	488960.00
Min. throughput [b/s]	0.00
Average throughput [b/s]	80678.40
Max. delay [s]	18448034674025.980469
Min. delay [s]	18448033701371.964844
Average delay [s]	18448034192531.339844
Max. delay variation [s]	928520.050781
Min. delay variation [s]	-626151.378906
Average delay variation [s]	1822.51

Figura 19 - Tabela de Resultados do Fluxo 04 - H.264 no cenário 1

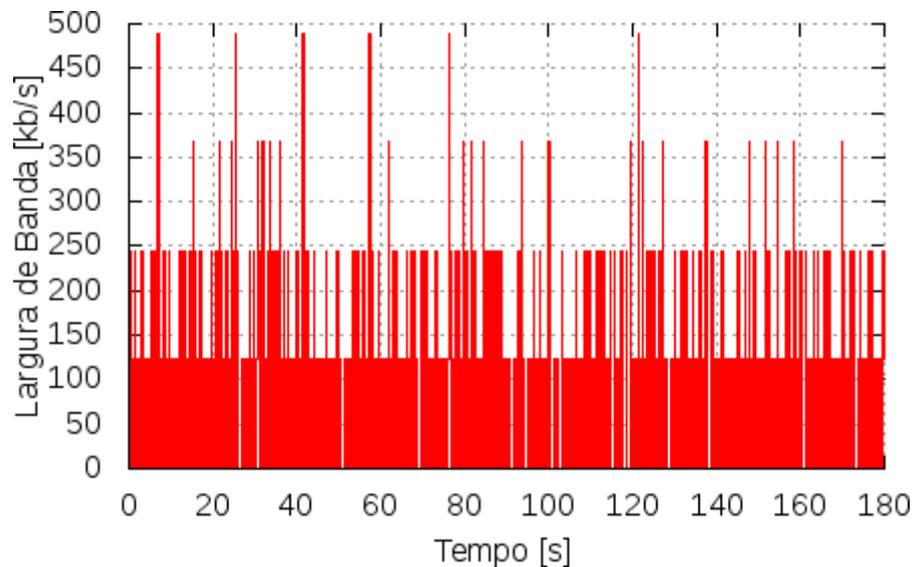


Gráfico 5 - Largura de Banda Fluxo 04 - H.264 no cenário 1

No Gráfico 5, que apresenta a largura de banda utilizada pelo fluxo 4, nota-se que na maior parte do tempo a vazão não chegou 250 kbps com picos de cerca de 500 kbps. Tendo em vista que o *codec* de vídeo H.264 necessita de uma largura de banda mínima de 1500 kbps, este parâmetro não é atendido neste cenário.

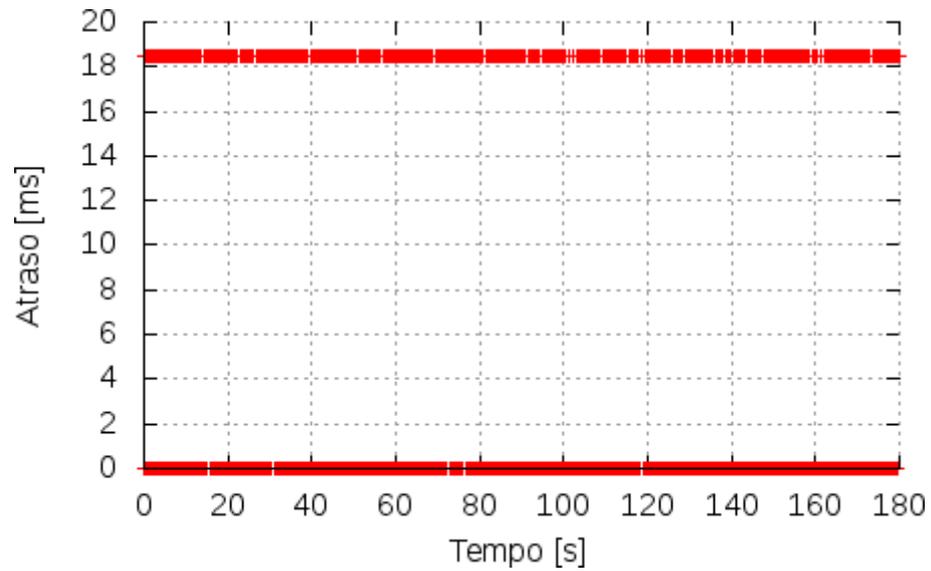


Gráfico 6 - Atraso para Fluxo 04 - H.264 no cenário 1

Assim como ocorreu com os pacotes do fluxo correspondente ao *codec* G.711 o atraso permaneceu na maioria do tempo em cerca de 18 milissegundo como demonstrado no Gráfico 6. O *codec* H.264 tem a tolerância de 200 milissegundos, logo, neste cenário, o parâmetro atraso atende a necessidade do tráfego.

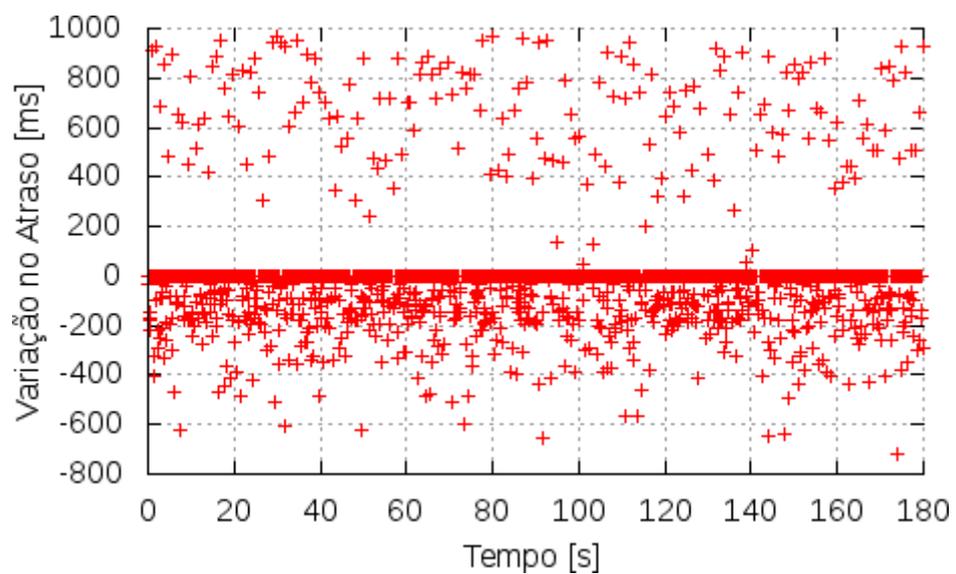


Gráfico 7 - Variação no Atraso para Fluxo 04 - H.264 no cenário 1

O fluxo 04, correspondente ao *codec* H.264, também ficou com uma variação no atraso muito alto, entre -800 e 1000 milissegundos e uma média de 1822,81 milissegundos como mostra o Gráfico 7. O H.264 requer uma variação no atraso de no máximo 30 milissegundos, como foi verificada uma alta variação, a rede não atendeu as necessidades do fluxo em questão.

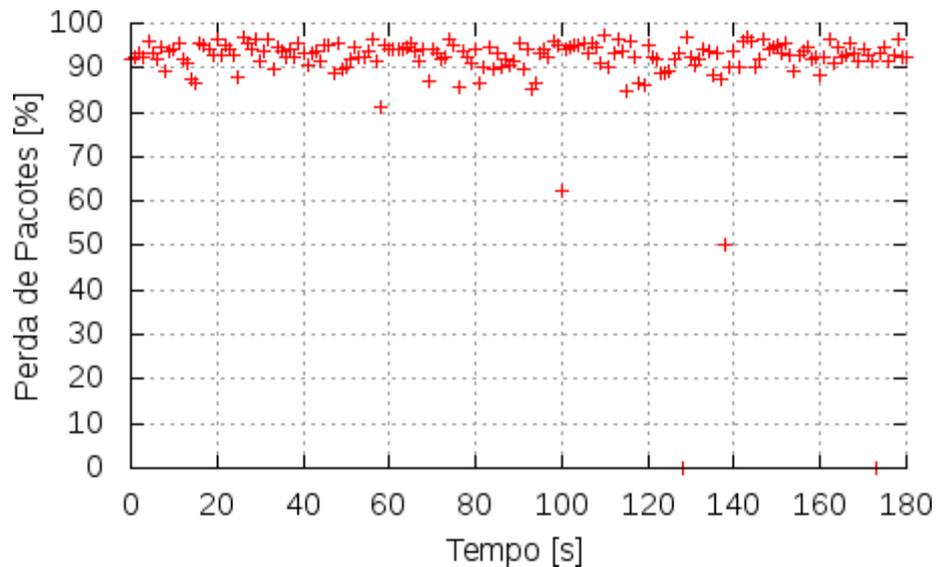


Gráfico 8 - Perda de Pacotes para Fluxo 04 - H.264 no cenário 1

O parâmetro perda de pacotes foi, assim como no fluxo de áudio, um dos que mais se distanciou das necessidades do fluxo de vídeo. Como mostra o Gráfico 8, na maior parte do tempo as perdas ficarem em aproximadamente 90%. O *codec* H.264, tolera perdas de no máximo 3 por cento dos pacotes transmitidos, com isso, o parâmetro perda de pacotes não atende as necessidades de áudio em um cenário sem a implantação de QoS.

A seguir são apresentados os resultados para o fluxo 7, correspondente ao tráfego para geração de ruídos na rede. O tráfego deste fluxo foi de 117 Mbps. As informações referentes a este tráfego estão demonstradas na Figura 27 e nos Gráficos 9, 10, 11 e 12.

Filename, stream	"crude7SemQOS.txt", 0
Packets sent	99805
Packets received	5140
Packets lost	94665
Loss rate [%]	94.849957
Packets reordered	0
Packet reorder rate [%]	0.000000
Max. throughput [b/s]	10268160.00
Min. throughput [b/s]	3178240.00
Average throughput [b/s]	6283136.00
Max. delay [s]	18448034680381.968750
Min. delay [s]	18448033684047.968750
Average delay [s]	18448034189209.000000
Max. delay variation [s]	989688.000000
Min. delay variation [s]	-38128.000000
Average delay variation [s]	3.97

Figura 20 - Tabela de Resultados do Fluxo 07 - Outros tráfegos cenário

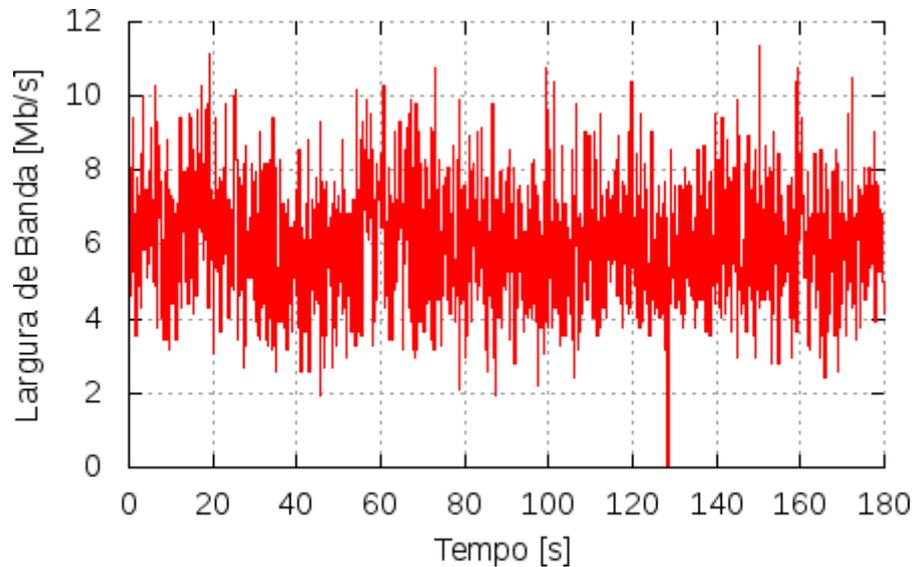


Gráfico 9 - Largura de Banda para Fluxo 07 - Outros tráfegos cenário 1

Com mostra o Gráfico 9, a largura de banda da rede consumida pelo fluxo 07 foi em média 6 Mbps, com picos aproximados de 12 Mbps. Para este fluxo não foram definidos requisitos por serem apresentados como de melhor esforço e terem como principal função a geração de ruído na rede.

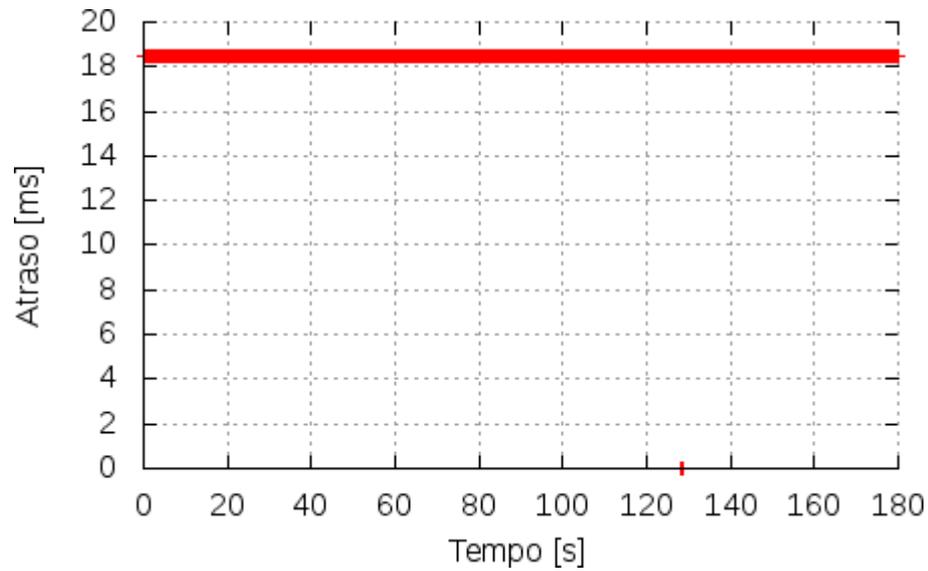


Gráfico 10 - Atraso para Fluxo 07 - Outros tráfegos cenário 1

O atraso, assim como ocorreu com os pacotes de áudio e de vídeo, por causa do tamanho da fila foi de 18 milissegundos, para quase todos os pacotes que conseguiram chegar ao destino. O Gráfico 10 mostra a constância de 18 milissegundos do atraso dos pacotes do fluxo 07.

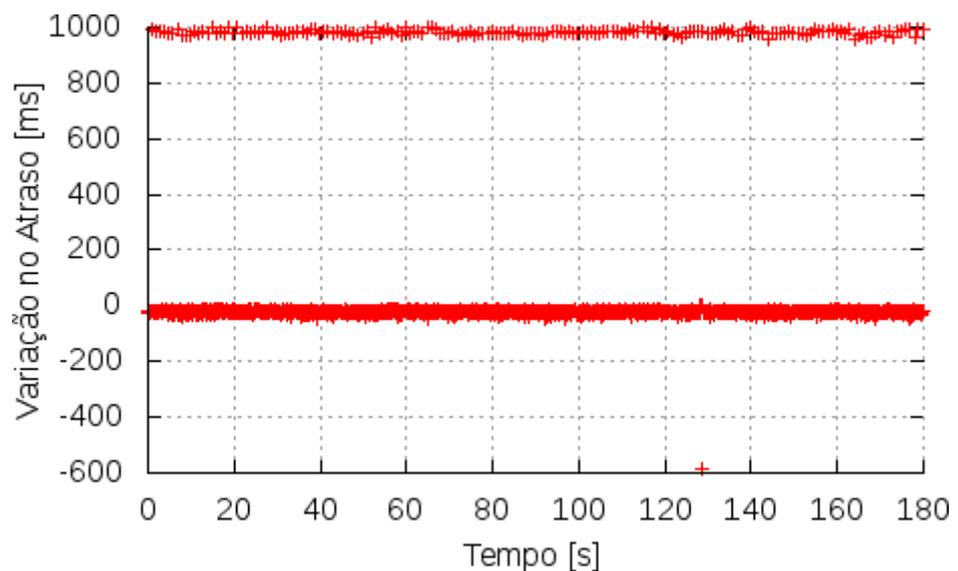


Gráfico 11 - Variação no Atraso para Fluxo 07 - Outros tráfegos cenário 1

A variação no atraso para o fluxo 07 como mostra o Gráfico 11, ficou entre -600 e 1000 milissegundos com uma média de 3.97.

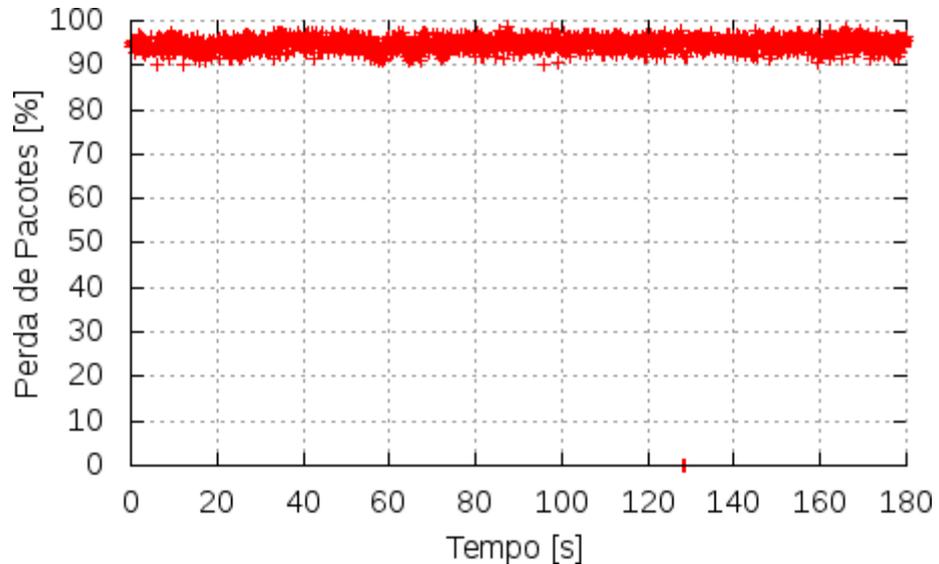


Gráfico 12 -: Perda de Pacotes para Fluxo 07 - Outros tráfegos cenário 1

Com uma perda entre 90 e 100% na maior parte do tempo, como mostra o Gráfico 12, o fluxo 07 foi um dos que mais perdeu pacotes, mesmo consumindo uma largura de banda maior que os outros fluxos, porém a necessária para este era bem maior que a consumida.

No cenário 1, sem a implantação de um domínio DiffServ com diferenciação de fluxos de dados, os parâmetros requeridos pelas aplicações testadas não foram satisfeitos, o que demonstra que vários serviços com necessidades diferentes em uma rede IP, precisam ser tratados de forma diferenciadas para que suas necessidades sejam atendidas.

5.3.2 Cenário 2 – Com QoS

No cenário 2, foram realizados testes no ambiente de comunicações unificadas com a implementação de QoS. Nesta seção serão apresentados os resultados dos testes nas perspectivas do usuário dos serviços, e também cada um dos fluxos gerados pelo RUDE serão detalhados.

A chamada realizada utilizando o servidor de comunicações unificadas Elastix, apresentou as seguintes características; o áudio ficou normal, com uma ligação telefônica, sem cortes, o que daria uma nota MOS menor que 4,1, valor máximo para o *codec* G.711, quanto a videoconferência, o VMOS poderia ser dado no valor de 4, pois a imagem foi transmitida e recebida normalmente, sem a verificação de falhas ou atraso na execução.. A Figura 27 mostra uma imagem capturada durante os testes no cenário 2

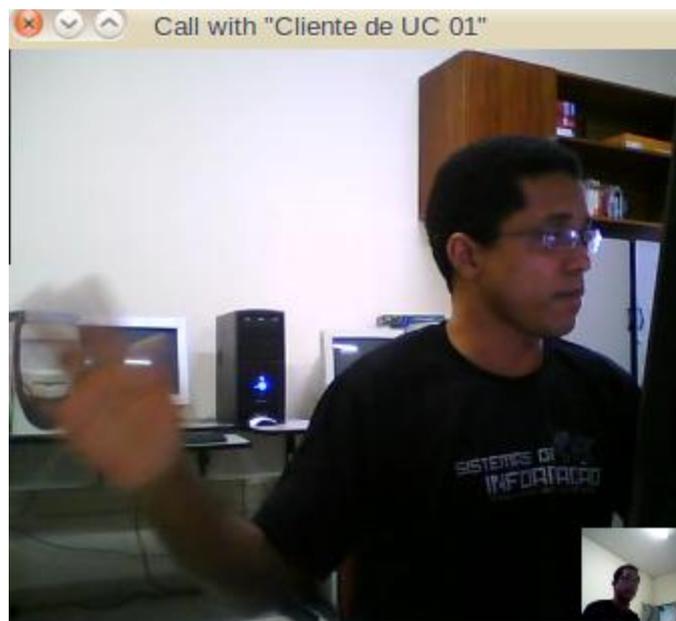


Figura 21 - Imagem cenário 2 - Testes com QoS

O fluxo de áudio não apresentou perda de pacotes, como mostra a Figura 28, apresentou um atraso médio de 18 milissegundos a variação no atraso permaneceu em uma média de 1.59 milissegundos. Os demais detalhes deste fluxo estão apresentados na Figura 28 e nos Gráficos 13, 14, 15 e 16.

Filename, stream	"crude1ComQOS.txt", 0
Packets sent	411
Packets received	411
Packets lost	0
Loss rate [%]	0.000000
Packets reordered	0
Packet reorder rate [%]	0.000000
Max. throughput [b/s]	91200.00
Min. throughput [b/s]	72960.00
Average throughput [b/s]	74966.40
Max. delay [s]	18448034678562.707031
Min. delay [s]	18448033694310.691406
Average delay [s]	18448034188397.378906
Max. delay variation [s]	983672.015625
Min. delay variation [s]	-35069.980469
Average delay variation [s]	1.59

Figura 22 - Tabela de Resultados do Fluxo 01 - G.711 cenário 2

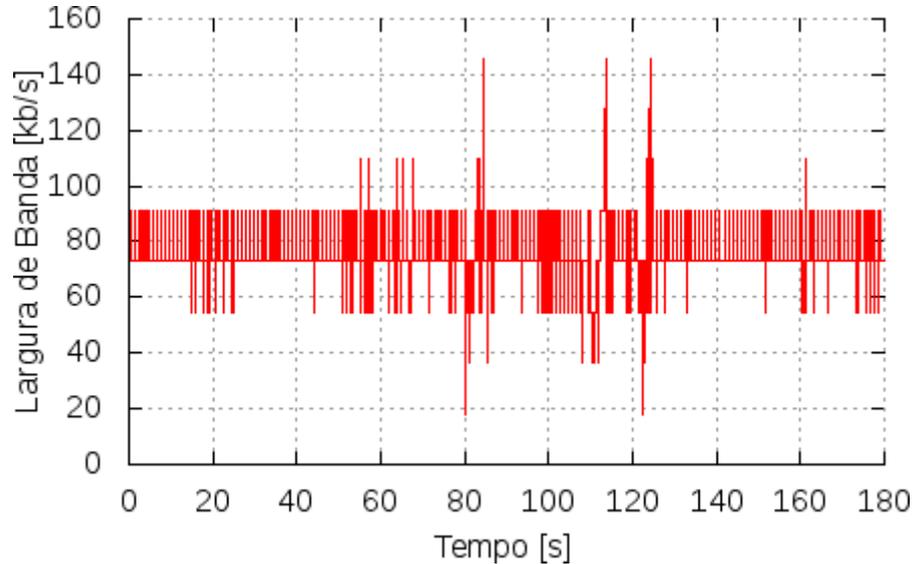


Gráfico 13 - Largura de Banda para Fluxo 1 - G.711 cenário 2

A largura de banda para o fluxo correspondente ao *codec* de áudio G.711 permaneceu em uma faixa de 80 kbps como mostra o Gráfico 13. Desta forma, a necessidade de vazão foi atendida, visto que o G.711 requer uma largura de banda de 64 kbps para que seja oferecido com qualidade de serviços.

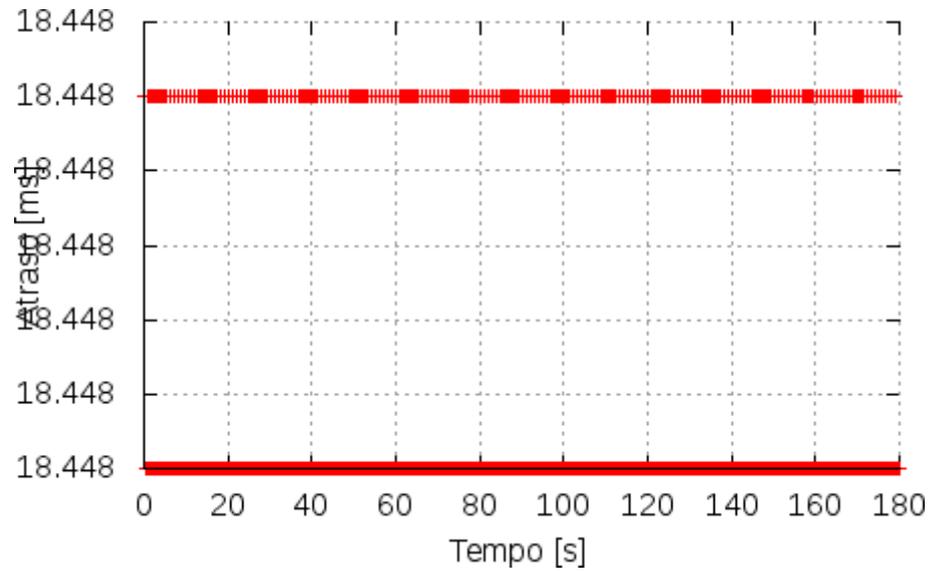


Gráfico 14 -: Atraso para Fluxo 1 - G.711 cenário 2

O atraso do fluxo 01 para o cenário 2, permaneceu o mesmo do cenário 1, devido ao tamanho das filas dos roteadores, como demonstrado no Gráfico 14 cerca de 18 milissegundos

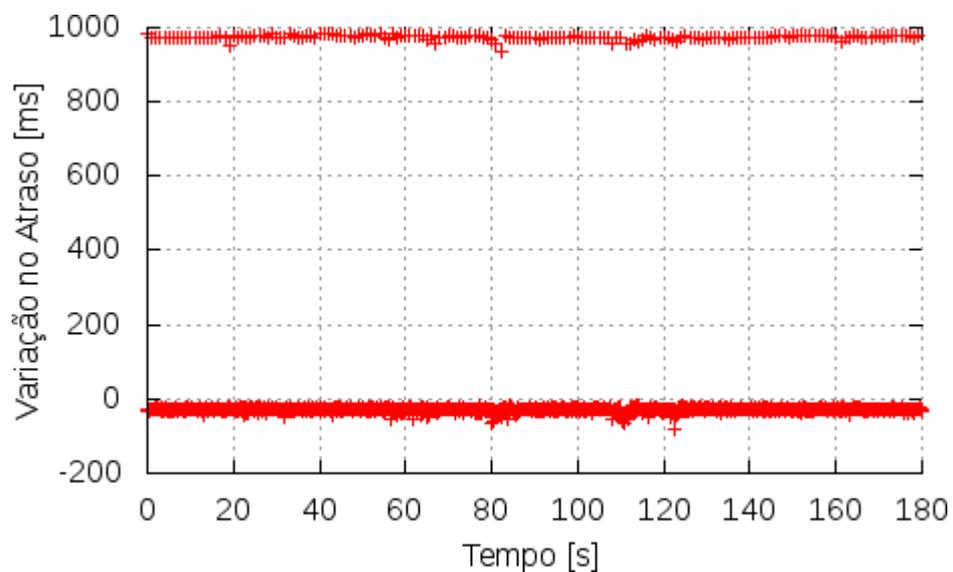


Gráfico 15 - Variação no Atraso para Fluxo 1 - G.711 cenário 2

Como mostra o Gráfico 15, a variação no atraso para o fluxo 01 neste cenário ficou entre -200 e 1000 milissegundos com uma média de 1.59 milissegundos. O G.711 requer uma

variação de atraso menor que 30 milissegundos, logo este parâmetro é atendido para as necessidades deste fluxo.

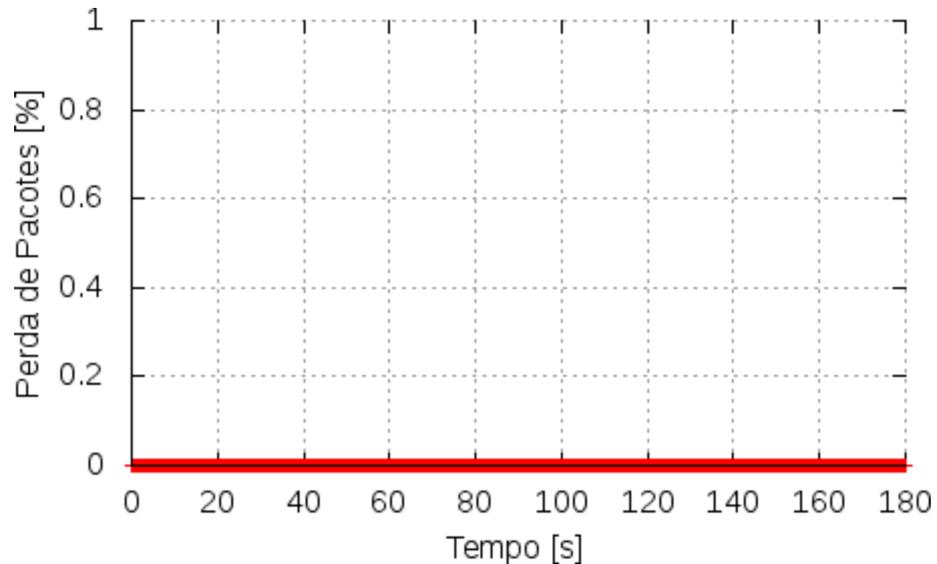


Gráfico 16 - Perda de Pacotes para Fluxo 01 - G.711 cenário 2

Não foram registrada perda de pacotes para o tráfego 01 neste cenário como mostra o Gráfico 16.

A seguir são apresentados os resultados para o fluxo 4, correspondente ao *codec* de vídeo H.264. Detalhes do arquivo com os resultados gerados pelo CRUDE e compilados com o Qosplot e Gnuplot referentes ao fluxo 04 gerado pelo RUDE e correspondente ao *codec* H.264 são exibidos na Figura 29 e nos Gráficos 17, 18, 19 e 20.

Filename, stream	"crude4ComQOS.txt", 0
Packets sent	1282
Packets received	1282
Packets lost	0
Loss rate [%]	0.000000
Packets reordered	0
Packet reorder rate [%]	0.000000
Max. throughput [b/s]	1833600.00
Min. throughput [b/s]	1344640.00
Average throughput [b/s]	1567116.80
Max. delay [s]	18448034681960.707031
Min. delay [s]	18448033682849.703125
Average delay [s]	18448034183737.417969
Max. delay variation [s]	997398.003906
Min. delay variation [s]	-22359.984375
Average delay variation [s]	-5.03

Figura 23 - Tabela de Resultados do Fluxo 04 - H.264 - cenário – 2

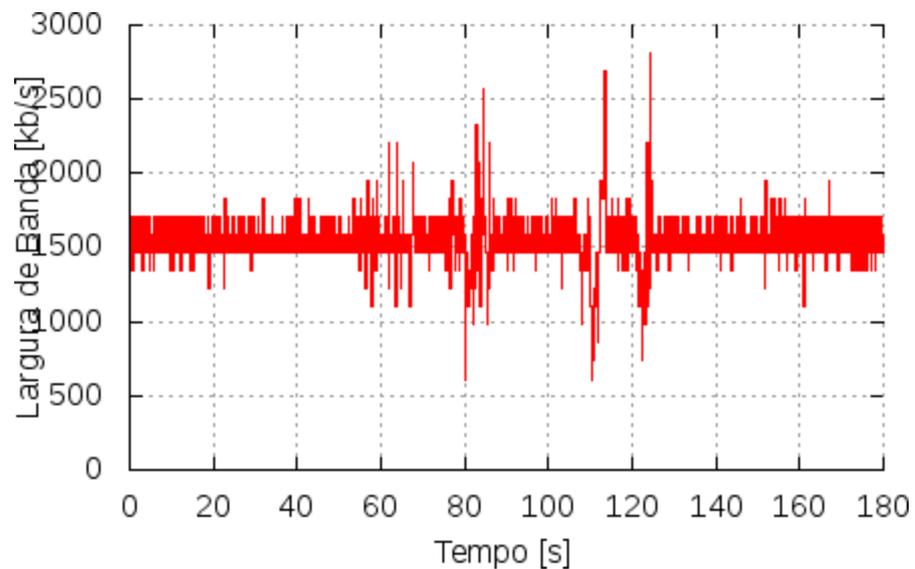


Gráfico 17 - Largura de Banda para Fluxo 04 - H.264 cenário 2

Como mostra o Gráfico 17, a largura de banda utilizada pelo fluxo 04 permaneceu próxima aos 1500 kbps requeridos pelo fluxo correspondente ao *codec* H.264.

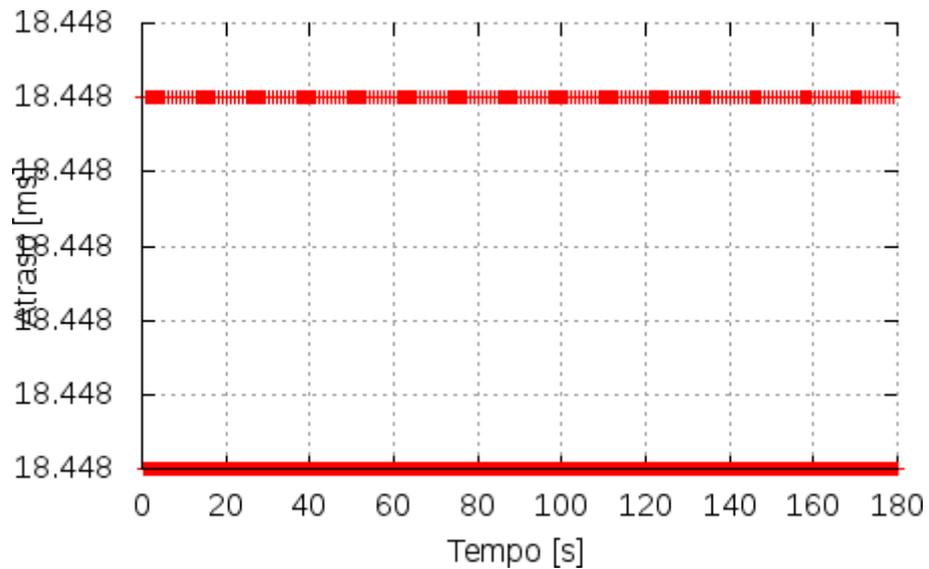


Gráfico 18 - Atraso para Fluxo 04 - H.264 cenário 2

O atraso do fluxo 04 para o cenário 2, permaneceu o mesmo do cenário 1, devido ao tamanho das filas dos roteadores, como demonstrado no Gráfico 18, cerca de 18 milissegundos

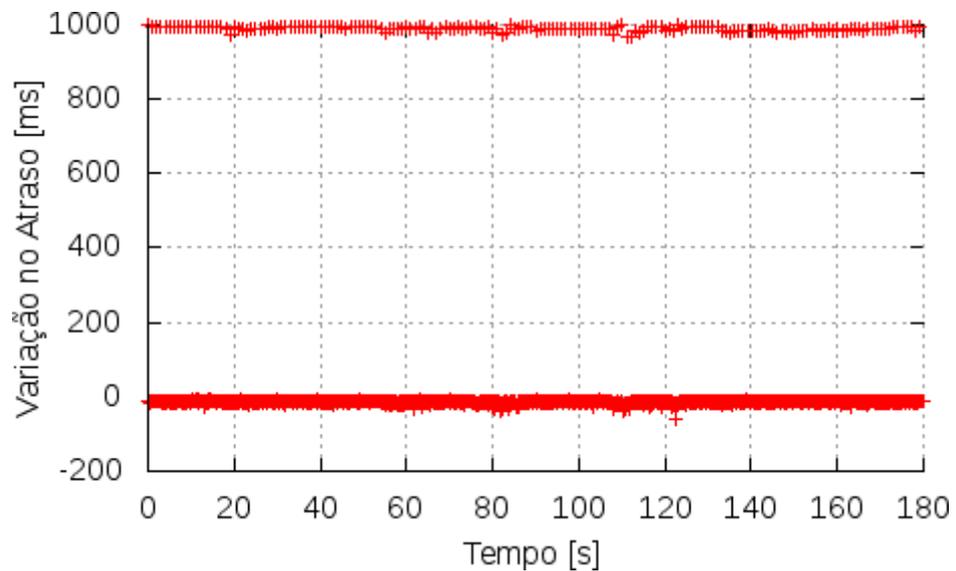


Gráfico 19 - Variação no Atraso para Fluxo 04 - H.264 cenário 2

A variação no atraso ficou entre -200 e 1000 milissegundos, com uma média de -5,03 como mostra o Gráfico 19. O *codec* H.264 requer uma variação no atraso menor que 30

milissegundos, positivo ou negativo, com isso os resultados atendem as necessidades do fluxo em questão.

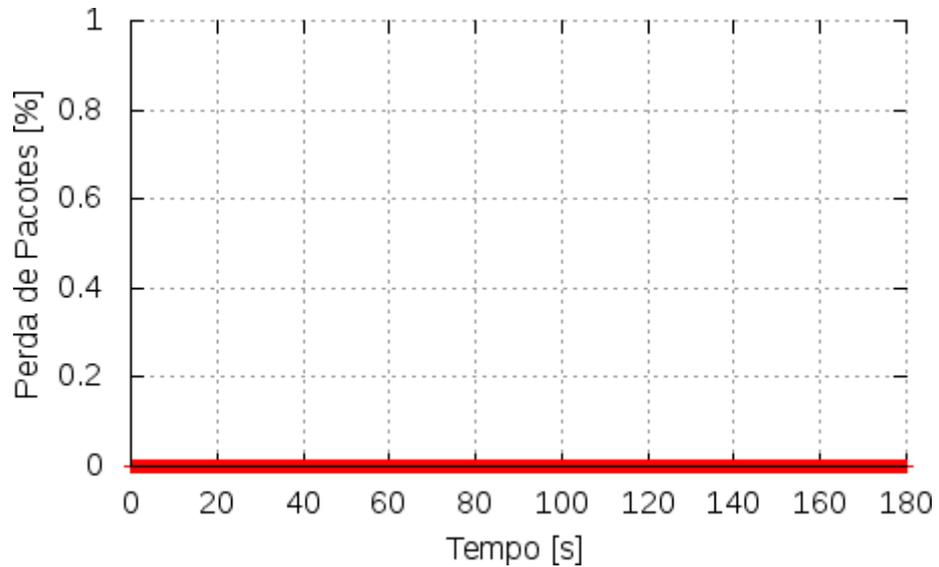


Gráfico 20 - Perda de Pacotes para Fluxo 04 - H.264 - cenário 2

Para o fluxo 04, correspondente ao *codec* de vídeo H.264, não foram registradas perdas de pacotes como demonstra o Gráfico 20.

A seguir são apresentados os resultado para o fluxo 7, correspondente ao tráfego para geração de ruídos na rede. O tráfego deste fluxo foi de 117 Mbps. As informações referentes a este tráfego estão demonstradas na Figura 30 e nos Gráficos 21, 22, 23 e 24.

Filename, stream	"crude7ComQOS.txt", 0
Packets sent	99722
Packets received	878
Packets lost	98844
Loss rate [%]	99.119552
Packets reordered	0
Packet reorder rate [%]	0.000000
Max. throughput [b/s]	3300480.00
Min. throughput [b/s]	244480.00
Average throughput [b/s]	1073267.20
Max. delay [s]	18448034681521.738281
Min. delay [s]	18448033682050.734375
Average delay [s]	18448034168804.792969
Max. delay variation [s]	998663.000000
Min. delay variation [s]	-126844.867188
Average delay variation [s]	28.81

Figura 24 - Tabela de Resultados do Fluxo 07 - Outros tráfegos - cenário - 2

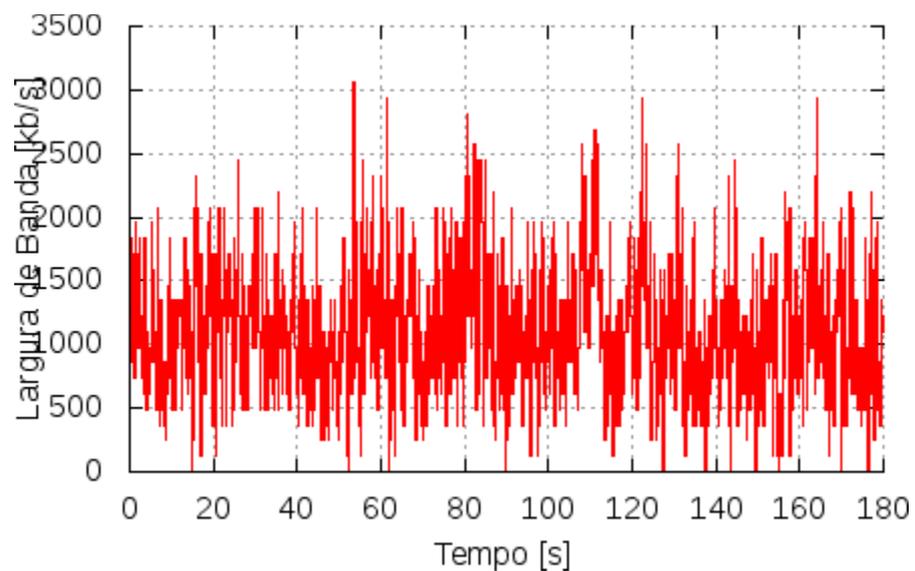
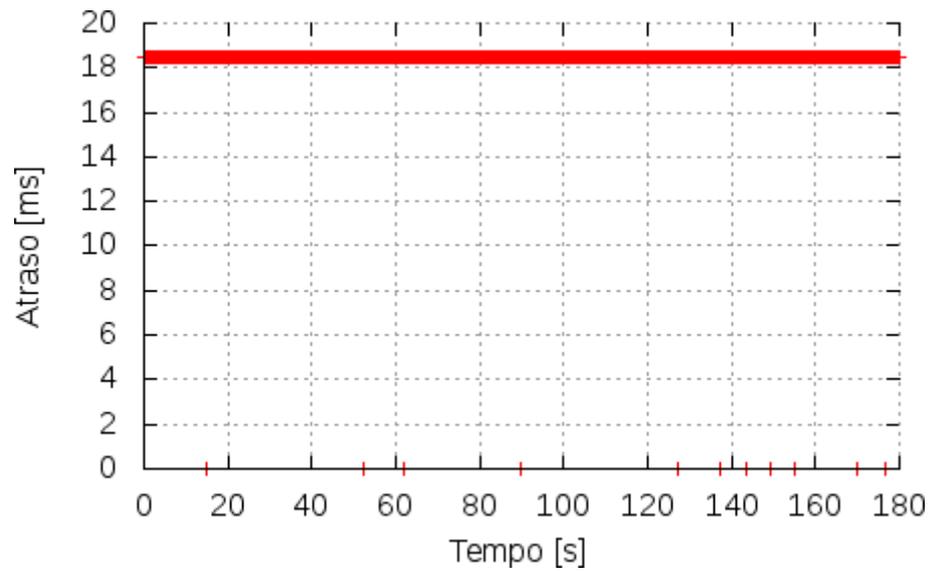
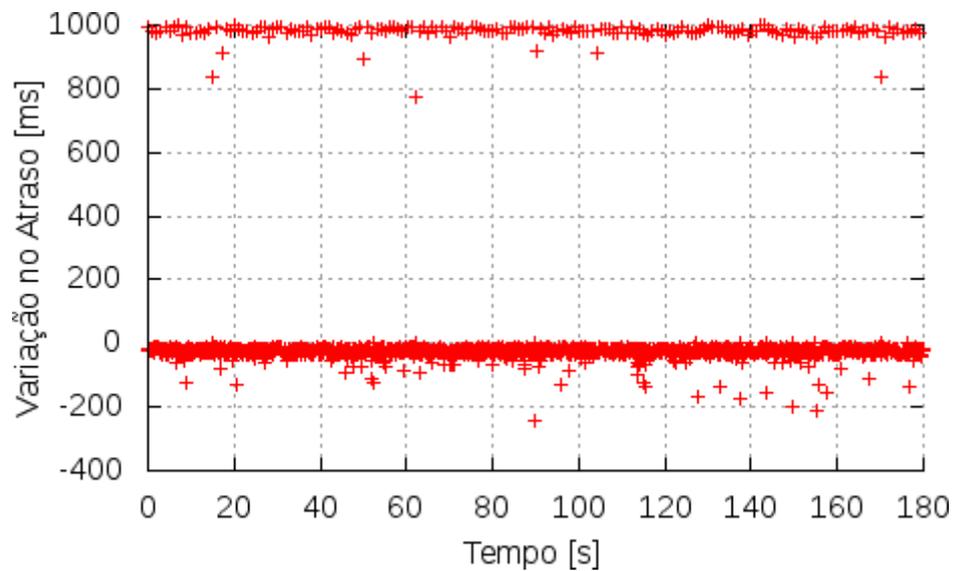


Gráfico 21 - Largura de Banda para Fluxo 07 - Outros tráfegos - cenário - 2

A largura de banda utilizada pelo fluxo 07, como mostra o Gráfico 21, ficou entre 0 e 3 Mbps. O tráfego enviado por este fluxo foi de 117 Mbps, mesmo com toda esta demanda, por causa da priorização dos outros tráfegos, o fluxo 07 teve uma largura de banda máxima de 3.3 Mbps.



O atraso, como para os outros fluxos permaneceu em 18 milissegundos.



A variação no atraso do fluxo 07 ficou entre -400 e 1000 milissegundos, com uma média de 28,81 milissegundos como mostrado no Gráfico 23.

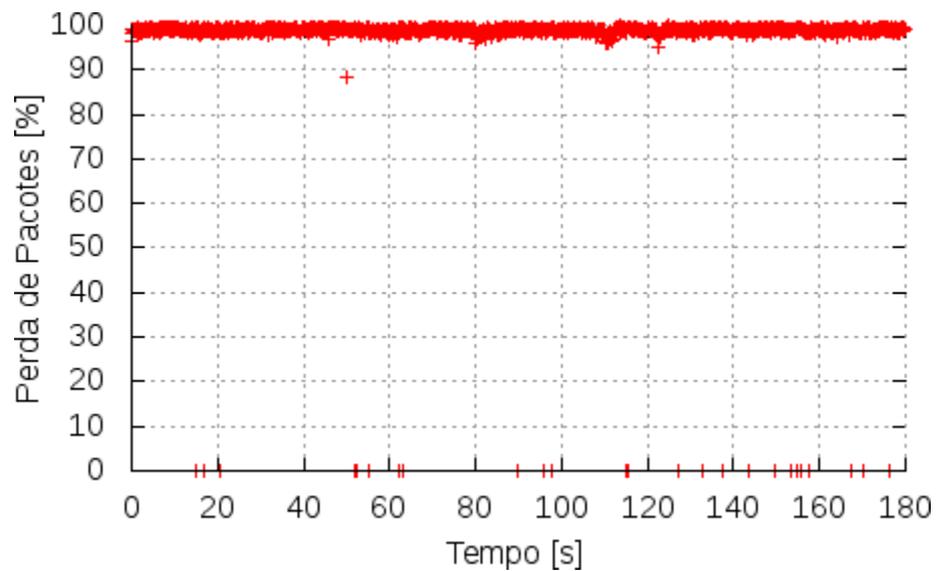


Gráfico 24 - Perda de Pacotes para Fluxo 07 - Outros tráfegos - cenário - 2

Mais de 99 por cento dos pacotes enviado pelo fluxo 07 foram perdidos, devido ao trafego muito elevado, e os filtros para controle de qualidade de serviços implementados na rede.

No cenário 2, tendo sido feita a marcação dos pacotes, e o encaminhamento seguindo as regras da disciplina de escalonamento CBQ, e com parâmetros mínimos de QoS sendo garantido pela rede, os fluxos e a chamada real estabelecida, obtiveram resultados satisfatórios. Com a implantação de um domínio DiffServ com diferenciação de fluxos de dados, os parâmetros requeridos pelas aplicações testadas foram satisfeitos, o que demonstra que vários serviços com necessidades diferentes em uma rede IP, podem ser tratados de forma diferenciadas para que suas necessidades sejam atendidas.

5.3.3 Cenário 1 versus Cenário 2

Como visto, nas seções, 4.3.1 e 4.3.2, os tráfegos gerados e descritos para os dois cenários, o primeiro com e o segundo sem QoS, tiveram resultados bem diferentes. Para o cenário um, a maioria dos parâmetros verificados não atenderam as necessidades dos tráfegos, já no cenário 2, com a implantação de regras para garantia de qualidade de serviços, observou-se um

atendimento aos requisitos dos tráfegos gerados para a comunicação. A Tabela 5, apresenta de forma comparativa o resultado nos dois cenários.

Tabela 5 - Parâmetros de QoS nos dois cenários

	Atraso (ms)		Variação no Atraso		Largura de Banda		Perda de Pacotes		MOS/VMOS	
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2
Fluxo 01	18	18	713,61	1,59	20kbps	80kbps	92,00 %	0,00%	3,5	4.1
Fluxo 04	18	18	1822	-5,03	80kbps	1500kbps	94,00 %	0,00%	1	5
Fluxo 07	18	18	3,97	28,81	6mbps	3mbps	94,00 %	99,00%	-	-

Para os testes de áudio, a primeira verificação que foi feita, com a análise subjetiva dos parâmetros de MOS, no cenário 1, notou-se uma péssima qualidade nas recepções, o que foi entendido quando foram computadas as informações referentes aos fluxos capturados pelo CRUDE, no qual foi observada uma perda média de 92% dos pacotes com uma variação no atraso de 713 milissegundo e uma largura de banda muito aquém das requeridas pelo *codec* G.711. Em contrapartida nos testes realizados no cenário 2, a qualidade do áudio observada melhorou muito, ficando muito próxima a de uma chamada de telefone fixo, esta qualidade foi confirmada também com o atendimento dos parâmetros de qualidade observados na verificação dos fluxos gerados pelo RUDE. Nestes notou-se que nenhum dos pacotes enviado foi perdido, os requisitos de largura de banda atraso e variação no atraso também foram atendidos neste cenário.

Assim como o teste para o vídeo foi utilizado VMOS para se fazer uma verificação subjetiva da qualidade deste. No cenário 1, verificou-se um péssima qualidade no vídeo sendo transmitido, este quando conseguia gerar a imagem, ela ficava parada aguardando uma atualização, os motivos para este estado ruim da transmissão do vídeo pode ser observado com os relatórios dos tráfegos capturado pelo CRUDE, dos pacotes enviados 94% não atingiam o destino, outros parâmetros que não foram atendidos neste cenário para um fluxo de vídeo utilizando o *codec* H.264, a variação no atraso ficou em média em 1822,51 milissegundos e a largura de banda chegou no máximo a 500 kbps. Assim como ocorrido com

o áudio, no cenário 2, não foram encontradas falhas na transmissão do vídeo, nos gerado pelo RUDE, os parâmetros de qualidade foram todos atendidos, não foram registradas perdas, a largura de banda do *codec* h.264 de 1500 kbps, e a variação no atraso máxima de 30 milissegundo foi atendida visto que fora registrada apenas -5.03 milissegundos.

O fluxo mal comportado, com uma taxa de envio de 117 Mbps, teve no cenário 1, uma vazão muito alta chegando a quase 10 Mbps, o que prejudicou os outros tráfegos neste cenário, a variação no atraso também ficou muito baixa, com uma média de 3.97 milissegundos. Como a rede foi configurada para uma vazão máxima de 10 Mbps, o parâmetro perda registrou uma porcentagem de 94%. Este fluxo no cenário 2, por causa da priorização dos tráfegos, a porcentagem de perdas aumentada para 99%, a vazão máxima ficou em 3 Mbps.

Como as filas criadas nos roteadores foram pequenas, o atraso foi um parâmetro que se manteve estável em todos os fluxos verificados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As comunicações unificadas se referem a integração dos serviços de comunicações como telefonia, correio eletrônico, mensagem instantânea e presença, áudio e videoconferências em uma única arquitetura em que as aplicações de comunicam através de redes de dados baseadas no protocolo IP.

Neste contexto, com este trabalho procurou-se estudar este ambiente e suas especificidades para verificar quais as principais necessidades para que seus serviços pudessem ser ofertados com qualidade. Para isto, foi implantado um ambiente de comunicações unificadas e neste foram realizados testes em cenários de rede sem e com a implementação de garantia de QoS, visando fazer um paralelo entre eles.

Os testes foram realizados com foco nos serviços com maior sensibilidade em um ambiente de comunicações unificadas, de voz e de vídeo, o que foi constatado depois dos estudos realizados.

Notou-se que, em uma rede com um tráfego muito alto, se não for feito um tratamento para que sejam garantidos parâmetros mínimos de qualidade para os serviços, estes podem ficar inaceitáveis, como o ocorrido no primeiro cenário de testes, tanto o áudio quanto o vídeo não tiveram um funcionamento adequado por não terem seus requisitos de qualidade atendidos.

Em contrapartida, notou-se que ao implantar QoS, garantindo um tratamento diferenciado aos serviços disponíveis na rede, é possível obter uma melhoria na qualidade dos serviços, por atender os parâmetros mínimos exigidos por cada um deles, como largura de banda e atraso aceitável.

Para estabelecer garantia de qualidade aos serviços, foi utilizada a arquitetura DiffServ. A utilização desta arquitetura se mostrou eficiente no ambiente testado, pois, com a configuração desta na rede foi possível garantir os parâmetros mínimo de QoS requeridos pelas aplicações utilizadas nos testes.

Implantar um ambiente de comunicações unificadas requer uma transformação na infra estrutura de rede IP existente, para que os serviços sejam implantados. Com a utilização da arquitetura de diferenciação de serviços no intuito de garanti que as necessidades de cada tráfego sejam supridas, além de ser possível a garantia de qualidade como demonstrado neste trabalho, torna a integração dos serviços de comunicação e dados mais fáceis.

Para trabalhos futuros, a implantação de qualidade de serviços poderá ser feita em um ambiente maior, podendo-se usar como estudo de caso, inclusive, o CEULP/ULBRA. Em um ambiente universitário, por exemplo, os professores podem utilizar serviços de vídeo para gravar suas aulas e disponibilizá-las para os alunos. Neste caso, poderá ser implantada qualidade de serviços para garantir o tráfego satisfatório dos pacotes de vídeo.

Outro trabalho que pode ser feito, utilizando este como base, é um estudo de caso para implantação de um ambiente de comunicações unificadas com qualidade de serviços em empresas diversas, sendo necessário garantir qualidade nos serviços de voz e vídeo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRIGATTO, Gustavo, **Comunicação Unificada Busca Maturidade**. InformationWeek Brasil, Rio de Janeiro, p. 58, 27 jun. 2008.

CARNEIRO, Mára Lúcia Fernandes, **VIDEOCONFERÊNCIA Ambiente para educação á distância**. Disponível em: <<http://penta.ufrgs.br/pgie/workshop/mara.htm>> Acessado em Outubro de 2010.

CASCARDO, Thadeu Lima de Souza, **Jabber e XMPP: protocolo extensível para mensagens e presença**, Disponível em: <cascardo.info/lacfree.pdf>, Acessado em Outubro de 2010.

DAVIDSON, Jonathan. **Fundamentos de VoIP**, 2 a Edição, Porto Alegre, BookMan, 2008, p.392

DINAU, Priscilla, **SIP (Session Initiation Protocol)**, Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/06_1/sip/index.html>, Acessado em Outubro de 2010.

FILHO, Jorge Lima de Oliveira, **Tecnologia DIFFSERV como suporte para qualidade de serviços de aplicações multimídia - Aspectos de configuração e integração**. 112 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Salvador, Salvador, 2006

GARTNER, **Magic quadrant for Unifield Communications**, 2009. Disponível em: <<http://www.gartner.com/technology/media-products/reprints/microsoft/vol7/article3/article3.html>>

GOMES, Anderson Ferreira, **Qualidade de serviços em VoIP (Voz sobre IP)**. 60 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Sistemas de Informação) – UNIMONTES. Universidade Estadual de Montes Claro, Montes Claro, 2005

KAMIENSKI, C. A. “**Qualidade de Serviço na Internet**”, 19º JAI (Jornada de Atualização em Informática), Curitiba, julho de 2000, Disponível em <http://www.cin.ufpe.br/~cak/publications/kamienski-qos-eine-99.pdf>> Acesso em nov 2010.

KELLER, Alexandre. **Asterisk na prática**. 1 a Edição. São Paulo: Novatec, 2009, 312 p.

KUROSE James F. (2006) “**Redes de Computadores e a Internet**”, Editora Pearson, São Paulo, 2006, p. 625

MARTINS, Joberto, **Qualidade de Serviços (QoS) em Redes IP Princípios Básico, Parâmetros e Mecanismos**, p.23, Disponível em: http://professores.unisantana.br/santana/downloads%5CTelecom%5CCom_Digitais%5CAulas%202o.%20Bimestre%5CTexto%20QoS_IP_Itelcon.pdf>. Acesso em: 29 de nov. 2010.

MEGGELEN, Jim Van; SMITH, Jared; MADSEN, Leif. **ASTERISK O Futuro da Telefonia**, Rio de Janeiro: Alta Books , 2005, p. 291

SILVA, Dinalton José da, **Tecnologia Análise de Qualidade de Serviço em Redes Corporativas**. 112 f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Computação – Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2004

SOARES, César Augusto de Oliveira *et al*, **Implementação de Serviços Diferenciados em uma Rede Local**, p.15, Disponível em: <http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2002e4/cientificos/ImplementacaoDeServicosDiferenciadosEmUmaRedeLocal.pdf>>. Acesso em; 29 de nov de 2010.

TANENBAUM, A. S. **Redes de Computadores**. 3 a Edição. Rio de Janeiro: Campus, 2003, 945 p.

TELECO, **Conceitos de VOIP/Telefonia IP e Regulamentação aplicável**, Disponível em <http://www.teleco.com.br/voip.asp>>. Acessado em Outubro de 2010.

VISOLVE, **QOS Bandwidth Management**, Disponível em <
<http://www.visolve.com/squid/whitepapers/qos.php>>, Acessado em Dezembro de 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Descrição das Configurações

Nesta seção, são apresentadas as configurações de rotas e de qualidade de serviços, feitas nos roteadores na rede implementada, as configurações dos fluxos para geração do tráfego no RUDE, as configurações feitas no servidor de comunicações unificadas Elastix e, por fim, são apresentadas as configurações dos clientes utilizados para geração e recepção do tráfego na rede.

Configuração de rotas para os roteadores.

Para configuração dos roteadores foram utilizados os seguintes comandos: "*route*", para criação de rotas; "*iptables*", para configurações de roteamento; e o "*modprobe*", para ativação dos módulos do sistema operacional necessários para a configuração do GNU/Linux como roteador. A Figura 15 apresenta o *script* de configuração do roteador01.

```

1 #!/bin/bash
2 ##### Configurações de Rede #####
3 ifconfig eth0 10.0.0.1 netmask 255.0.0.0 up
4 ifconfig eth1 172.9.0.1 netmask 255.255.0.0 up
5 #Ativar o encaminhamento no iptables
6 sysctl -w net.ipv4.ip_forward=1
7 #apaga rota possiveis
8 route del -net 10.0.0.0 netmask 255.0.0.0
9 route del -net 172.9.0.0 netmask 255.255.0.0
10 route del -net 0.0.0.0 netmask 0.0.0.0
11 route del -net 127.0.0.0 netmask 255.0.0.0
12 route del -net 169.254.0.0 netmask 255.255.0.0
13 #Adiciona novas rotas
14 route add -net 10.0.0.0 netmask 255.0.0.0 eth0
15 route add -net 172.9.0.0 netmask 255.255.0.0 eth1
16 route add default gateway 172.9.0.3
17 #ativa modulos nat do kernel
18 modprobe ip_nat_ftp
19 modprobe ip_conntrack
20 modprobe ip_conntrack_ftp
21 #forward do iptables
22 iptables -A FORWARD -i eth0 -o eth1 -j ACCEPT
23 iptables -A FORWARD -i eth1 -o eth0 -j ACCEPT
24 iptables -A FORWARD -j LOG
25 iptables -t nat -A POSTROUTING -o eth0 -j MASQUERADE
26 echo rede configurada..teste 01
--

```

Figura 25 - script de configuração de rotas do roteador01

No *script* de configuração do roteador01, como apresentado na Figura 15. Nas linhas 3 e 4 são configuradas as interfaces de rede com o comando **ifconfig**: a interface **eth0** com o endereço **10.0.0.1** e máscara de rede **255.0.0.0**; e a interface **eth1** com endereço ip **172.9.0.1** e máscara de rede **255.255.0.0**. Na linha 6 é feita a ativação do roteamento. Das linhas 8 a 12 são apagadas as possíveis rotas existentes. Na linha 14 é adicionada a rota para a rede **10.0.0.0** máscara **255.0.0.0**, utilizando a interface **eth0**. Na linha 15 é adicionada uma rota para a rede **172.9.0.0** máscara **255.255.0.0** na interface **eth1**. Na linha 16 é configurado como rota padrão o **gateway** 172.9.0.3. Nas linhas 18,19 e 20 é feita a ativação dos módulos do *kernel*, necessários para fazer o roteamento. Por fim, nas linhas de 22 a 25 são adicionadas a *iptables* regras para encaminhamento de pacotes entre as interfaces de redes disponíveis no roteador.

Os *scripts* de configurações do roteador02 e do servidor de comunicações (servidoruc), que também é configurado como roteador segue a mesma lógica de configuração

apresentada para configuração do roteador01. O *script* de configuração do roteador02 e do servidoruc estão apresentados nas Figuras 16 e 17.

```
1 #!/bin/bash
2 ##### Configurações de Rede #####
3 ifconfig eth0 192.168.0.1 netmask 255.255.255.0 up
4 ifconfig eth1 172.8.0.1 netmask 255.255.0.0 up
5 #Ativar o encaminhamento no iptables
6 sysctl -w net.ipv4.ip_forward=1
7 #apaga rota possiveis
8 route del -net 192.168.0.0 netmask 255.255.255.0
9 route del -net 172.8.0.0 netmask 255.255.0.0
10 route del -net 0.0.0.0 netmask 0.0.0.0
11 route del -net 127.0.0.0 netmask 255.0.0.0
12 route del -net 169.254.0.0 netmask 255.255.0.0
13 #Adiciona novas rotas
14 route add -net 192.168.0.0 netmask 255.255.255.0 eth0
15 route add -net 172.8.0.0 netmask 255.255.0.0 eth1
16 route add default gateway 172.8.0.3
17 #ativa modulos nat do kernel
18 modprobe ip_nat_ftp
19 modprobe ip_conntrack
20 modprobe ip_conntrack_ftp
21 #forward do iptables
22 iptables -A FORWARD -i eth0 -o eth1 -j ACCEPT
23 iptables -A FORWARD -i eth1 -o eth0 -j ACCEPT
24 iptables -A FORWARD -j LOG
25 iptables -t nat -A POSTROUTING -o eth0 -j MASQUERADE
26 echo rede configurada..teste 01
```

Figura 26 - script de configuração de rotas do roteador01

```

1 #!/bin/bash
2 ##### Configurações de Rede #####
3 ifconfig eth0 172.8.0.3 netmask 255.255.0.0 up
4 ifconfig eth1 172.9.0.3 netmask 255.255.0.0 up
5 #Ativar o encaminhamento no iptables
6 sysctl -w net.ipv4.ip_forward=1
7 #apaga rota possiveis
8 route del -net 172.8.0.0 netmask 255.255.0.0
9 route del -net 172.9.0.0 netmask 255.255.0.0
10 route del -net 0.0.0.0 netmask 0.0.0.0
11 route del -net 127.0.0.0 netmask 255.0.0.0
12 route del -net 169.254.0.0 netmask 255.255.0.0
13 #Adiciona novas rotas
14 route add -net 172.8.0.0 netmask 255.255.0.0 eth0
15 route add -net 172.9.0.0 netmask 255.255.0.0 eth1
16 route add -net 10.0.0.0 netmask 255.0.0.0 gw 172.9.0.1
17 route add -net 192.168.0.0 netmask 255.255.255.0 gw 172.8.0.1
18 #ativa modulos nat do kernel
19 modprobe ip_nat_ftp
20 modprobe ip_conntrack
21 modprobe ip_conntrack_ftp
22 #forward do iptables
23 iptables -A FORWARD -i eth0 -o eth1 -j ACCEPT
24 iptables -A FORWARD -i eth1 -o eth0 -j ACCEPT
25 iptables -A FORWARD -j LOG
26 iptables -t nat -A POSTROUTING -o eth0 -j MASQUERADE
27 echo rede configurada..teste 01

```

Figura 27 - script de configuração de rotas do servidoruc

Configuração dos roteadores para os cenários de testes sem e com QoS

Para a configuração dos roteadores foram criados dois *scripts*, os dois usando o algoritmo de escalonamento CBQ.

No primeiro *script* é feita a definição da largura de banda utilizada nos testes, que foi de 10 Mbps e apenas uma fila utilizando o algoritmo de escalonamento FIFO, com o intuito de produzir o cenário padrão sem QoS. No segundo *script* foram criadas as regras para tratamento diferenciado dos diferentes serviços, com o intuito de atender as exigências de qualidade de serviços de um ambiente de comunicações unificadas. Na Figura 18, apresenta-se o *script* de configuração dos roteadores para o cenário 1, sem QoS, e na Figura 19 apresenta-se as configurações para o cenário 2, com configurações QoS.

```

1 #!/bin/bash
2 tc qdisc del dev eth1 root
3
4 ## Configura a disciplina raíz
5 tc qdisc add dev eth1 root handle 1: cbq avpkt 1500 bandwidth 10Mbit
6
7 #Adiciona disciplina na ponta do cbq
8 tc qdisc add dev eth1 parent 1: handle 200: pfifo limit 40

```

Figura 28 - Cenário 1 - Sem QoS

Na Figura 18, é feita a configuração de um ambiente de 10 Mbit com apenas uma fila, na linha 5 é criada uma disciplina raíz para definição da largura de banda usando a disciplina CBQ e uma fila com algoritmo FIFO é criada para esta disciplina raíz na linha 8.

```

1 #!/bin/bash
2
3 ##### Configuração de qualidade de serviços #####
4 tc qdisc del dev eth1 root
5 tc qdisc add dev eth1 root handle 1: cbq avpkt 1500 bandwidth 10Mbit
6
7 # áudio G.711
8 tc class add dev eth1 parent 1: classid 1:1 cbq avpkt 252 bandwidth 10Mbit rate 1Mbit
9 weight 1Mbit allot 1540 prio 8 maxburst 1500 bounded isolated
10
11 # vídeo H.264
12 tc class add dev eth1 parent 1: classid 1:2 cbq avpkt 1540 bandwidth 10mbit rate 7Mbit
13 weight 7Mbit allot 1540 prio 8 maxburst 1500 bounded isolated
14
15 # Outros
16 tc class add dev eth1 parent 1: classid 1:3 cbq avpkt 1540 bandwidth 10mbit rate 2Mbit
17 weight 0.2Mbit allot 1540 prio 1 maxburst 50 bounded isolated
18
19 #Adiciona disciplina na ponta do cbq
20 tc qdisc add dev eth1 parent 1: handle 200: pfifo limit 10
21 tc qdisc add dev eth1 parent 1:1 handle 310: pfifo limit 10
22 tc qdisc add dev eth1 parent 1:2 handle 320: pfifo limit 10
23 tc qdisc add dev eth1 parent 1:3 handle 330: pfifo limit 10
24
25 # Criar os Filtros
26 tc filter add dev eth1 parent 1: protocol ip prio 8 u32 match ip tos 0xb8 0xff flowid 1:1
27 tc filter add dev eth1 parent 1: protocol ip prio 8 u32 match ip tos 0x88 0xff flowid 1:2
28 tc filter add dev eth1 parent 1: protocol ip prio 1 u32 match ip tos 0x00 0xff flowid 1:3

```

Figura 29 - Cenário 2 - Cem QoS

Como foi apresentado na Figura 19, além da disciplina raíz com 10 Mbits e nomeada como 1:, foram criadas três classes:

- **1:1**, com a disciplina de escalonamento CBQ e largura de banda mínima de 1 Mbit para o tráfego de voz e que recebe o filtro para pacotes marcados com o

código DSCP '0xb8' que corresponde ao tráfego EF e prioridade 8 que corresponde ao tráfego de menor atraso e peso de 1Mbit para em caso de saturação do link, a banda mínima seja mantida;

- **1:2**, com banda mínima de 7 Mbit para tráfego de vídeo na qual, o filtro é feito de acordo com o DSCP AF '0x88', com peso equivalente ao tráfego mínimo de 7 Mbit.
- **1:3**, com banda de 2 Mbit, com peso mínimo de 0.2 Mbit para os demais tráfegos na rede marcados com DSCP 0x00 que corresponde ao tráfego BE

Configuração da geração e recepção de tráfego com RUDE/CRUDE

Para obter uma maior precisão nos testes realizados com a utilização do RUDE e do CRUDE, foi instalado no servidor Elastix, o pacote ntpd, sendo que este equipamento foi utilizado como referência para sincronismo pelas demais máquinas da rede. Para fazer o sincronismo foi utilizado o comando **ntpdate ipServidor**, onde **ipServidor** corresponde ao IP do servidor de sincronismo

A inicialização do Rude e do Crude é feita através do terminal do GNU/Linux, para isso são utilizados os seguintes comandos: **rude -s nomeArquivo.cfg**, para início do rude, onde **nomeArquivo** corresponde ao nome do arquivo de configuração; e **crude -p porta -l arquivo.log**, onde o parâmetro **porta** deve ser substituído pela porta configurada no rude e **arquivo.log** é o nome do arquivo no qual serão gravadas as informações do tráfego para posterior verificação.

Para utilização de tais programas devem ser utilizados os seguintes comandos: **crude -d arquivo.log > arquivo.txt** para alteração do tipo de documento para texto puro; em seguida o comando **qosplot arquivo.txt**, para criação do arquivo **gnuplot.commands** a ser utilizado pelo GNUPLOT, através do comando **gnuplot gnuplot.commands**, para criação dos gráficos com métricas de QoS.

No arquivo de configuração do RUDE foram criados 7 fluxos sendo 3 fluxos de 64 kbps para simulação de tráfego de voz com *codec* G.711, 3 fluxos de 1500kbps para

simulação do tráfego de vídeo utilizando o *codec* H.264 e um fluxo de 117 Mbps para simulação dos demais tráfegos na rede, que não fazem parte dos serviços de comunicação unificada.

No cenário 1 os pacotes não foram marcados. Já no cenário 2, com o intuito de diferenciação dos serviços, os pacotes de áudio foram marcados com DSCP de encaminhamento expresso (EF), os pacotes de vídeo foram marcados com DSCP de encaminhamento assegura (AF) e os pacotes correspondentes aos demais fluxos não foram explicitamente marcados pelo RUDE, conseqüentemente, receberam a marcação para encaminhamento com melhor esforço (BE). Na Figura 19 apresenta-se o conteúdo do arquivo de configuração do RUDE.

```
1 START NOW
2
3 ### FLUXO DE ÁUDIO G.711
4 0000 0010 ON 3001 192.168.0.2:10001 CONSTANT 41 200
5 #TOS 0010 0xb8
6 180000 0010 OFF
7 0000 0011 ON 3002 192.168.0.2:10002 CONSTANT 41 200
8 #TOS 0011 0xb8
9 180000 0011 OFF
10 0000 0012 ON 3003 192.168.0.2:10003 CONSTANT 41 200
11 #TOS 0012 0xb8
12 180000 0012 OFF
13
14 ### FLUXO DE VÍDEO H.264
15 0000 0014 ON 3004 192.168.0.2:10004 CONSTANT 128 1500
16 #TOS 0014 0x88
17 180000 0014 OFF
18 0000 0015 ON 3005 192.168.0.2:10005 CONSTANT 128 1500
19 #TOS 0015 0x88
20 180000 0015 OFF
21 0000 0016 ON 3006 192.168.0.2:10006 CONSTANT 128 1500
22 #TOS 0016 0x88
23 180000 0016 OFF
24
25 ### FLUXO DE MELHOR ESFORÇO (NAVEGAÇÃO, DOWNLOAD ETC)
26 0000 0017 ON 3007 192.168.0.2:10007 CONSTANT 10000 1500
27 180000 0017 OFF
```

Figura 30 - Arquivo de configuração do RUDE

No arquivo de configuração do RUDE, apresentado na Figura 20, a primeira linha apresenta o comando para início dos fluxos. Nas linhas de 3 a 12 são configurados os fluxos

de áudio com os seguintes parâmetros: identificação dos fluxos, endereço IP do receptor seguido da porta de recepção, o parâmetro CONSTANT para fluxos contínuos, quantidade de pacotes 41 e tamanho de cada pacote 200 bytes. As linhas 5, 8, 16, 19 e 22, que apresentam o comando TOS, que corresponde a marcação DSCP dos pacotes, foram comentadas no cenário 1 e ativadas no cenário 2, para que o RUDE pudesse fazer a marcação dos pacotes gerados.

Configurações do servidor de comunicações unificadas Elastix

Além da configuração como roteador, o equipamento com o servidor de comunicações unificadas foi configurado de maneira que pudessem ser feitas sessões de áudio e videoconferência, bem como as sessões de mensagem instantânea. Para a realização das chamadas de áudio e vídeo, utilizando o módulo PBX que utiliza o Asterisk, foram configurados dois usuários, o cliente de UC 01 com ramal 3001 e o cliente de UC 02 com o ramal 3002. O módulo de PBX foi configurado para uso do *codec* de áudio G.711 e do *codec* de vídeo H.264, foram configurados parâmetros de marcação de pacotes para o cenário 2 com QoS. A configuração da marcação dos pacotes foi feita com a alteração do arquivo de configuração do Asterisk, no caminho **/etc/asterisk/sip.conf**, adicionando-se os seguintes parâmetros: **tos_audio = ef** e **tos_video = af41**.

Para a sessão de mensagem instantânea foram configurados dois clientes, no módulo de mensagem usando o protocolo de mensagens XMPP.

Configurações dos Clientes de UC

O tráfego na rede foi gerado de duas formas: foram utilizados os *softwares* Pidgin para a criação de uma sessão XMPP de mensagem instantânea e o Linphone para o estabelecimento de uma sessão de áudio de videoconferência de maneira que fosse apresentado um ambiente real de comunicações unificadas. Para isso, os clientes anteriormente configurados no servidor

foram configurados em tais programas clientes para que fosse utilizada uma sessão de áudio, vídeo e de mensagem instantânea.

Para que a qualidade de serviços fosse fim-a-fim, os equipamentos clientes foram configurados para priorização do tráfego da mesma forma que os roteadores. Para que fosse mantida a qualidade para a chamada real de áudio e vídeo, os clientes foram configurados para marcar os pacotes que saíram dos mesmos.

Os comandos utilizados para configurar a marcação dos pacotes de áudio e vídeo nos pacotes de saídas os equipamentos clientes foram:

```
iptables -t mangle -A OUTPUT -p udp --sport 7078 -j DSCP --set-dscp-class EF
```

```
iptables -t mangle -A OUTPUT -p udp --sport 9078 -j DSCP --set-dscp-class AF41
```

O tráfego de saída do áudio é encaminhado pelo Linphone pela porta 7078, de forma que os pacotes que saem da máquina por esta porta recebem a classificação DSCP EF. Os pacotes de vídeo, que por padrão utilizam a porta 9078, foram marcados com a classe DSCP AF41.