

004  
GOUA/r  
T/D  
+CV

64093



---

# Apresentação Multimédia com garantias de Qualidade de Serviço

---

## QoSMedEval

(Quality of Service Media Evaluation Tool)

UNIVERSIDADE DA MADEIRA  
SECTOR DE DOCUMENTAÇÃO  
E ARQUIVO

Milton Castro Gouveia nº 2044802

**Mestrado em Telecomunicações e Redes**  
Relatório de Projecto/Dissertação

Funchal – Portugal  
Junho 2008

**Orientador:**

Professor Doutor Paulo Nazareno Maia Sampaio

*Professor Auxiliar do Departamento de Matemática e Engenharias*

*Universidade da Madeira*

---

## **Agradecimentos**

---

Venho por este meio expressar os meus agradecimentos:

Ao Professor Doutor Paulo Nazareno Maia Sampaio, meu orientador, que desde início acreditou em mim e incentivou-me para a conclusão do presente trabalho, face às inúmeras barreiras que foram surgindo no percurso. Um muito obrigado pela disponibilidade conselhos e apoio.

Ao Professor Eduardo Marques, por toda a sua disponibilidade, incentivo, apoio e material cedido.

Aos meus colegas de curso, em especial ao Ricardo Plácido, que ao longo deste percurso compartilhou comigo os todos os avanços e obstáculos que se proporcionaram.

Aos meus pais, por todo o amor, carinho, apoio, ensinamentos e, sobretudo, pela paciência que demonstraram comigo neste longo percurso. Um muito obrigado pois sem eles não seria o que sou hoje.

À minha irmã Vânia e ao meu cunhado Nuno Moniz, pela força, sugestões e alguns momentos de boa disposição.

E a todas aquelas pessoas que embora não mencionadas, directamente ou indirectamente contribuíram para meu percurso até aqui.

A todos, um bem haja!



---

## Abstract

---

This document intends to the main goals of this document are study of the transmission and presentation of multimedia contents in networks and, also to, describe the method and main characteristics of implementation of this "Quality of Service MEDia EVALuation tool" (QoSMedEval), conceived in that context.

With the increasing evolution and use of multimedia contents in the network a series of characteristics should be taken into a count to provide the support to the needs to support Quality of Service in applications. More recently, a set of architectures Quality of Service have been discussed by the scientific community in order to enable the support of multimedia applications by network systems. The architectures *Integrated Services (IntServ)* and *Differentiated Services (DiffServ)* are also discuss in this dissertation.

In this context, in the first part of the document an explanation of the architectures *IntServ* and *DiffServ* is carried out, presenting the main characteristics for each one of them. The Quality of Service is discussed to presentation of a state of the Art and the solutions already implemented in this area.

This study allowed us set the requirements applied in the implementation of the QoSMedEval tool.

On the second part of this document, the implementation of method applied for the respective tool is presented the purpose of this tool is to present the study of the transmission and presentation of multimedia contents in networks using to the mechanisms of simulation although the Network Simulator (Ns-2) and MyEvalvid\_RTP [MyEvalvid\_RTP] tools.

---

## **Keywords**

---

Multimedia

Media

Quality of Service (QoS)

IntServ

DiffServ

Simulation

Quality of Service Media Evaluation Tool

---

## Resumo

---

O presente documento pretende abordar o estudo da transmissão e da apresentação de conteúdos multimédia em redes e, paralelamente, descrever o método e principais características de implementação da ferramenta *Quality of Service MEDia EVALuation tool* (QoSMEval), concebida nesse contexto.

Com a crescente evolução e utilização de conteúdos multimédia nas redes, estas devem reunir uma série de características que proporcionem o suporte às necessidades de Qualidade de serviço de tais aplicações. Mais recentemente, um conjunto de arquiteturas de qualidade de serviço tem sido debatido pela comunidade científica, com o intuito de possibilitar a viabilização dos sistemas de rede actuais no suporte de aplicações como a multimédia. De onde se destacam as arquiteturas dos Serviços Integrados (IntServ - *Integrated Services*) e dos Serviços diferenciados (DiffServ - *Differentiated Service*).

De acordo com esta problemática, numa primeira fase do trabalho é efectuada uma abordagem contextual às arquiteturas IntServ e DiffServ, apresentando-se algumas características para cada uma delas. Para além da abordagem à temática da Qualidade de serviço, nesta dissertação é feita uma exposição do panorama actual das soluções já implementadas neste âmbito, que permitiram desta forma, definir os requisitos a aplicar na implementação da ferramenta QoSMEval.

Numa segunda fase deste trabalho, é apresentado o método de implementação da respectiva ferramenta, cujo propósito salienta o estudo da transmissão e apresentação de conteúdos multimédia em rede, recorrendo aos mecanismos de simulação do Network Simulator (Ns-2) e do MyEvalvid\_RTP [MyEvalvid\_RTP].

---

## **Palavras-chave**

---

Multimédia

Média

Quality of Service (QoS)

IntServ

DiffServ

Simulation

Quality of Service Media Evaluation Tool

---

# Índice Geral

---

Índice de Figuras

Índice de Tabelas

1.	INTRODUÇÃO .....	1
1.1.	Motivação .....	1
1.2.	Objectivos .....	2
1.3.	Contextualização/Problemática .....	2
1.4.	Organização do Documento .....	4
2.	TRANSMISSÃO E APRESENTAÇÃO DE MULTIMÉDIA EM AMBIENTE DISTRIBUÍDO.....	5
2.1.	Introdução .....	5
2.2.	A Multimédia.....	6
2.3.	Técnicas para compressão de dados .....	8
2.4.	Transmissão multimédia em redes .....	10
2.4.1.	Largura de Banda.....	10
2.4.2.	Atraso .....	11
2.4.3.	Jitter .....	11
2.4.4.	Perdas (Lost).....	12
2.5.	Qualidade de serviço (QoS) em sistemas Multimédia.....	12
2.5.1.	Best Effort .....	15
2.5.2.	Serviços Integrados – Intserv .....	16
2.5.3.	Serviços Diferenciados – Diffserv.....	22
2.6.	Protocolos de transporte multimédia .....	26
2.7.	Trabalhos relacionados .....	27
2.7.1.	Estudo da transmissão de multimédia através de simulação .....	28
2.7.2.	Estudo da transmissão de multimédia através situações reais.....	30
2.7.3.	Resumo .....	32
2.8.	Conclusão .....	33
3.	PLATAFORMA PARA O ESTUDO DA TRANSMISSÃO E APRESENTAÇÃO MULTIMÉDIA COM QOS - QOSMEDEVAL.....	35
3.1.	Introdução .....	35
3.2.	Características relevantes para a implementação do sistema .....	36
3.3.	Definição de requisitos .....	36
3.3.1.	Requisitos Funcionais.....	37
3.3.2.	Requisitos não Funcionais.....	38

3.4.	Actores e Casos de Utilização .....	39
3.4.1.	Diagrama de Casos de Uso .....	40
3.4.2.	Descrição dos Casos de Uso .....	42
3.5.	Arquitectura .....	44
3.5.1.	Módulo Aquisição de dados .....	45
3.5.2.	Módulo de simulação .....	47
3.5.3.	Módulo de Retorno de Resultados.....	48
3.5.4.	Módulo de Apresentação .....	49
3.6.	Principais Ecrãs .....	50
3.7.	Ferramentas utilizadas .....	55
3.7.1.	Network Simulator – NS .....	56
3.7.2.	MyEvalvid_RTP .....	56
3.7.3.	RTP Tools.....	57
3.7.4.	VideoLan Client – VLC .....	58
3.7.5.	Ferramentas de desenvolvimento .....	59
3.8.	Conclusão .....	59
4.	FUNCIONAMENTO E CASOS PRÁTICOS .....	61
4.1.	Introdução .....	61
4.2.	Teste 1 – Transmissão multimédia para um cenário sem QoS.....	62
4.2.1.	Apresentação do cenário.....	62
4.2.2.	Execução e Análise de resultados.....	64
4.2.3.	Conclusão sobre o caso prático .....	76
4.3.	Teste 2 – Transmissão multimédia para um cenário com QoS .....	77
4.3.1.	Apresentação do cenário.....	77
4.3.2.	Execução e Análise de resultados.....	79
4.3.3.	Conclusão sobre o caso prático .....	83
4.4.	Resumo .....	83
4.5.	Conclusão .....	84
5.	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....	85
5.1.	Conclusões Gerais .....	85
5.2.	Trabalhos Futuros .....	87
6.	REFERÊNCIAS .....	88
ANEXOS.....		91
A.	MANUAL DE UTILIZAÇÃO .....	92
B.	Scripts Tcl .....	119
B.1.	BestEffort.Tcl .....	119
B.2.	DiffServ.Tcl .....	123

---

## Índice de Figuras

---

Fig. 1 – Arquitectura de um sistema Multimédia em Rede [Nahrstedt 1995].....	13
Fig. 2 – Planos de controlo e de dados [Sampaio 2007].....	18
Fig. 3 – Processamento de mensagens <i>PATH</i> e <i>RESV</i> [Sampaio 2007].....	20
Fig. 4 – Campo <i>Differentiated Services</i> do cabeçalho do pacote [Kurose 2002].....	23
Fig. 5 – DSCP em AF PHB [Sampaio 2007], [CISCO 2005].....	24
Fig. 6 – Vídeo distorcido [MyEvalvid_RTP].....	30
Fig. 7 – Gráfico para o Delay [MyEvalvid_RTP].....	30
Fig. 8 – Actor do sistema QoSMedEval.....	40
Fig. 9 - Diagrama casos de utilização do sistema QoSMedEval.....	41
Fig. 10 – Arquitectura de alto nível da aplicação.....	44
Fig. 11 – Módulo de Aquisição de dados.....	46
Fig. 12 – Módulo de Simulação.....	47
Fig. 13 – Módulo de Retorno de Resultados.....	48
Fig. 14 – Módulo de Apresentação.....	49
Fig. 15 – Primeiro Ecrã.....	50
Fig. 16 – Ecrã <i>Files</i> .....	51
Fig. 17 – Ecrã <i>add video file (stream video)</i> .....	52
Fig. 18 – Ecrã <i>add Tcl File</i> .....	52
Fig. 19 – Ecrã <i>Tcl Editor</i> .....	52
Fig. 20 – Ecrã <i>Player Configuration</i> .....	53
Fig. 21 – Ecrã <i>Analysis</i> .....	54
Fig. 22 – Ecrã <i>Console</i> .....	55
Fig. 23 – Cenário sem QoS (teste prático 1).....	63
Fig. 24 – Edição da largura de banda para o <i>link</i> entre o <i>router 2</i> e <i>router 3</i> .....	65
Fig. 25 - Vídeo frame A.....	66
Fig. 26 – Vídeo frame B.....	66
Fig. 27 – Estatísticas.....	66
Fig. 28 – Gráfico de Perdas de Pacotes.....	67
Fig. 29 – Largura de banda ocupada pelo Vídeo ( <i>Throughput</i> ).....	67
Fig. 30 – Atraso dos pacotes.....	68
Fig. 31 – Animação da simulação.....	68
Fig. 32 – Edição da largura de banda para o <i>link</i> entre o <i>router 2</i> e <i>router 3</i> .....	69
Fig. 33 - Vídeo frame A.....	70
Fig. 34 – Vídeo frame B.....	70

---

Fig. 35 – Estatísticas.....	70
Fig. 36 – Gráfico de Perdas de Pacotes .....	71
Fig. 37 – Gráfico da largura de banda ocupada pelo Vídeo .....	71
Fig. 38 – Gráfico do atraso dos pacotes .....	71
Fig. 39 – Animação da simulação .....	72
Fig. 40 – Edição da largura de banda para o <i>link</i> entre o <i>router 2</i> e <i>router 3</i> .....	73
Fig. 41 – Vídeo frame A.....	73
Fig. 42 – Vídeo frame B.....	74
Fig. 43 - Estatísticas .....	74
Fig. 44 - Gráfico de Perdas de Pacotes no vídeo .....	75
Fig. 45 - Largura de banda ocupada pelo Vídeo.....	75
Fig. 46 – Gráfico do atraso dos pacotes de vídeo.....	75
Fig. 47 – Animação da simulação para o teste considerado.....	76
Fig. 48 – Cenário de rede com qualidade de serviço.....	77
Fig. 49 – Edição da largura de banda para o <i>link</i> entre o <i>router 2</i> e <i>router 3</i> .....	79
Fig. 50 - Vídeo frame A .....	80
Fig. 51 – Vídeo frame B.....	80
Fig. 52 – Estatísticas.....	80
Fig. 53 – Gráfico de Perdas de Pacotes .....	81
Fig. 54 – Gráfico da largura de banda ocupada pelo Vídeo .....	81
Fig. 55 – Gráfico do atraso dos pacotes de vídeo.....	82
Fig. 56 – Animação da simulação .....	82
Fig. A. 1 – Janela principal.....	99
Fig. A. 2 – Painel Files .....	100
Fig. A. 3 – Painel Player Configuration .....	101
Fig. A. 4 – Painel <i>Analysis</i> .....	102
Fig. A. 5 – Painel Console.....	103
Fig. A. 6 – Adicionar cenário 1º passo .....	105
Fig. A. 7 – Adicionar cenário passo 2 .....	106
Fig. A. 8 – Adicionar um cenário passo 3 e 4 .....	106
Fig. A. 9 – Adicionar um cenário passos 5, 6, 7 e 8.....	106
Fig. A. 10 – Visualização na lista o ficheiro adicionado.....	107
Fig. A. 11 – Edição de um cenário seleccionado .....	107
Fig. A. 12 – Janela para a edição dos parâmetros de rede.....	108
Fig. A. 13 – Recuperar um cenário de rede.....	108
Fig. A. 14 – Eliminação de um cenário passos 1 e 2.....	109
Fig. A. 15 – Eliminação de um cenário passo 3 .....	109
Fig. A. 16 – Adição de uma média: passos 1 e 2.....	110
Fig. A. 17 – Adição de uma média: passo 3.....	110
Fig. A. 18 – Adição de uma média: passos 4 .....	110
Fig. A. 19 – Adição de uma média: passo 5.....	111
Fig. A. 20 – Adição de uma média: passos 5 ecrã 1.....	111
Fig. A. 21 – Adição de uma média: passo 6.....	111
Fig. A. 22 – Adição de uma média: passo 7 .....	112
Fig. A. 23 – Média adicionada .....	112
Fig. A. 24 – Eliminar uma média seleccionada: passos 1 e 2 .....	112
Fig. A. 25 – Eliminar uma média seleccionada: passo 3.....	113
Fig. A. 26 – Deleted message.....	113
Fig. A. 27 – Simulação: passos 1 e 2.....	114
Fig. A. 28 – Simulação: passo 3 .....	114

Fig. A. 29 – Simulação: passo 4 .....	114
Fig. A. 30 – Resultados: vídeos passo 1 .....	115
Fig. A. 31 – Resultados: vídeos.....	115
Fig. A. 32 – Gráficos passos 1 e 2 – Packet Lost .....	116
Fig. A. 33 – Gráficos: passo 3 – Throughput .....	116
Fig. A. 34 – Gráficos: passo 4 – Delay.....	116
Fig. A. 35 – Estatística de simulação .....	117
Fig. A. 36 – Gráficos: passo 1 – Visualização no programa NAM.....	117
Fig. A. 37 – Visualização da animação no Nam .....	117

---

## Índice de Tabelas

---

Tabela 1 – Codepoint DiffServ EF [CISCO 2005] .....	24
Tabela 2 – Codepoint DiffServ AF [CISCO 2005] .....	25
Tabela 3 – medições para o cenário sem QoS .....	31
Tabela 4 – medições para o cenário com QoS.....	31
Tabela 5 – Comparação dos métodos .....	32
Tabela 6 – Resumo dos valores mais relevantes obtidos nos dois casos práticos .....	83
Tabela A.1 – Requisitos mínimos do sistema .....	96
Tabela A.2 – Características dos vídeos .....	104

---

## Acrónimos

---

AF PHB	<i>Assured Forwarding PHB</i>
CBR	<i>Constant Bit Rate</i>
CL	<i>Control Load Services</i>
DiffServ	<i>Differentiated Services</i>
DS	<i>Differentiated Services</i>
DSCP	<i>Differentiated Service Code Point</i>
EF PHB	<i>Expedited Forwarding</i>
FIFO	<i>First-in-first-out</i>
FQ	<i>Fair Queue</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
GS	<i>Guaranteed Services</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
Intserv	<i>Integrated Services</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITU	<i>International Telecom Union</i>
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
MPEG	<i>Moving Picture Experts Groups</i>
NAM	<i>Network Animator</i>
Ns-2	<i>Network Simulator version 2</i>
PHB	<i>Per-Hop Behavior</i>
PQ	<i>Priority Queue</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
QoSMedEval	<i>Quality of Service Media Evaluation Tool</i>
RESV	<i>reservation</i>
ResvError	<i>Reservation Error</i>
RFC	<i>Request for Comments</i>
Rspec	<i>reserved specification</i>
RSVP	<i>Resource ReServation Protocol</i>
RTCP	<i>RTP Control Protocol</i>
RTP	<i>Real-Time Transport Protocol</i>
TCL	<i>Tool Command Language</i>

## *Apresentação Multimédia com garantias de Qualidade de Serviço*

TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TELNET	<i>TELEcommunication NETwork</i>
Tspec	<i>traffic specification</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
VBR	<i>Variable Bit Rate</i>
VLC	<i>Vídeo LANclient</i>
VNS	<i>Visual Network Simulator</i>
VoD	<i>video on demand</i>
VoIP	<i>Voice over Internet Protocol</i>
Wav	<i>Waveform audio format</i>
WFQ	<i>Weighted Fair Queue</i>

---

# **1. INTRODUÇÃO**

---

---

## **1.1. Motivação**

---

As aplicações multimédia têm ganho, actualmente, bastante relevo em muitas áreas da actividade humana que dependem de uma comunicação eficaz como, o comércio, a indústria, o ensino, etc. Este facto acarreta problemas para as redes de comunicação de hoje em dia, visto que estas não dispõem de mecanismos que garantam um suporte à Qualidade de Serviço deste tipo de dados.

Para a abordagem deste problema devem ser reunidos um conjunto de meios que permitam um estudo de novas arquitecturas e abordagens que venham a ser propostas. Ou seja, devem ser criadas um conjunto de ferramentas de teste que permitam em ambiente computacional reproduzir e estudar os sistemas de rede actuais e possíveis novas implementações para o suporte à transmissão multimédia.

Após constatação, verifica-se que neste domínio não existem muitas ferramentas disponíveis para o estudo da transmissão e apresentação de conteúdos multimédia. Algumas dessas permitem, apenas, através de simulação, estudar a transmissão de multimédia em cenários de rede de forma manual por interacção do utilizador, não tendo em preocupação a apresentação dos resultados.

Daí que surgiu a necessidade de se compor uma ferramenta que, para além de simular transmissões multimédia em cenários de rede, possa da mesma forma apresentar comodamente os resultados ao utilizador.

## 1.2. Objectivos

---

De forma fomentar a orientação da evolução do trabalho, foram estabelecidos os seguintes objectivos:

- ▶ Estudo dos conceitos Multimédia e Qualidade de Serviço
- ▶ Abordagem do estado da Arte relativamente à temática de Qualidade de serviço e aplicações multimédia em ambiente de rede.
- ▶ Abordagem à problemática das arquitecturas de qualidade de serviço e requisitos de QoS de aplicações multimédia
- ▶ Desenvolvimento de uma aplicação que permita o estudo da transmissão e apresentação multimédia em ambiente distribuído.

---

## 1.3. Contextualização/Problemática

---

Esta dissertação aborda, fundamentalmente, a noção de multimédia de Qualidade de Serviço (QoS – *Quality of Service*) e os requisitos de QoS para o suporte deste tipo de aplicações.

O conceito multimédia constitui uma forma de comunicação que abrange vários meios de transmissão da informação, a terminologia da palavra induz-nos essa noção, o prefixo ‘multi’ que significa muitos e sufixo ‘média’ significa meio, ou seja, o termo significa vários objectos média numa única estrutura [Ribeiro 2007].

O conceito média que define o modo como a informação é transmitida ou armazenada, admite duas categorias, a média discreta, quando se refere a conteúdos como imagens e textos, ou contínua quando trata do vídeo e do áudio. Frequentemente, os conteúdos multimédia encontram-se distribuídos em diferentes nós das redes, constituindo o conceito de multimédia distribuída [Sampaio 2003].

As médias contínuas são constituídas por grandes volumes de dados. A sua manipulação e armazenamento requerem um grande esforço por parte dos sistemas que os comportam. Para que a utilização de média deste tipo em ambiente distribuído seja

cada vez mais eficiente, muitas técnicas continuam a ser desenvolvidas nessa direcção, como por exemplo a compressão de dados que permite um melhor aproveitamento do espaço de armazenamento e eficiência na sua transmissão.

A evolução e a utilização cada vez mais frequente das aplicações multimédia de rede têm afectado o desempenho da Internet, mesmo com mecanismos de compressão de dados, visto que maior parte destas impõem ao sistema de rede um conjunto exigente de requisitos. Em redes deste tipo, a transmissão de conteúdos multimédia é difícil de estabelecer sem utilização de mecanismos que garantam, de uma certa forma, a existência de recursos necessários à comunicação - mecanismos que garantam o suporte da qualidade de serviço sem deterioração da integridade da informação e da performance do sistema [Sampaio 2003], [Monteiro 2000].

Para dar resposta aos requisitos impostos pelas aplicações multimédia, têm sido debatidas, propostas e estudadas uma série de soluções que permitem de uma certa forma promover o fornecimento e garantia de Qualidade de serviço às aplicações desta natureza. As arquitecturas dos Serviços Integrados (IntServ) [RFC 1633] e dos Serviços Diferenciados (DiffServ) [RFC 2475] constituem duas dessas abordagens que, actualmente, têm ganho a atenção, pois visam a dinamização das redes permitindo que estas ofereçam suporte aos requisitos das aplicações.

A proposta IntServ rege-se pelo princípio que os recursos devem ser reservados fluxo a fluxo, em cada elemento da rede, de forma a garantir uma conexão fim a fim para cada tráfego. Apesar de, ser eficaz no estabelecimento de conexões e permitir uma entrega eficiente da informação, este modelo possui as suas limitações a nível de escalabilidade da rede, o que permitiu a definição da arquitectura DiffServ. Embora parta com o mesmo objectivo, esta última arquitectura assenta no princípio de que os recursos não devem ser atribuídos ou geridos de forma individual, mas sim através de um grupo de classes de tráfego. Segundo este modelo, cada classe agrupa conjunto de fluxos com requisitos de QoS compatíveis.

Portanto, a qualidade de serviço constitui uma questão muito importante na transmissão multimédia tornando-se num assunto cada vez mais debatido no domínio das redes de comunicação que suportam este tipo de tráfego. A garantia de níveis de qualidade de serviço depende da utilização de mecanismos de gestão eficientes, precisos e rápidos, para os recursos de rede e serviços de comunicação das aplicações [Sampaio 2003], [Kurose 2002] e [Monteiro 2000].

## **1.4. Organização do Documento**

---

Esta dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos, incluindo esta introdução.

No capítulo 2 “Transmissão e Apresentação Multimédia em Ambiente Distribuído”, trata da abordagem teórica dos conceitos de multimédia, descrição das técnicas de compressão de dados com a definição das principais normas de compressão, especificação dos requisitos para a transmissão de multimédia em redes, definição de qualidade de serviço focalizado as arquitecturas IntServ e DiffServ, abordagem aos protocolos de transporte multimédia e, por último, o tratamento de casos relacionados com a descrição de algumas ferramentas cujo âmbito converge para o tema deste trabalho.

O capítulo 3 “Plataforma para o estudo da Transmissão e apresentação Multimédia com QoS” apresenta a descrição de toda a arquitectura da ferramenta, bem como a metodologia utilizada na sua concepção. Esta abordagem é efectuada através da apresentação da arquitectura, dos requisitos do diagrama de casos de uso e da descrição das ferramentas utilizadas para o efeito.

O capítulo 4 “Funcionamento e casos Práticos” constitui a aplicação da ferramenta ao estudo de dois casos práticos, através da simulação de dois cenários de rede, de forma a testar o funcionamento da ferramenta de acordo com os objectivos estipulados.

O capítulo 5 “Conclusões e Trabalhos Futuros” apresenta as conclusões gerais da dissertação bem como a descrição de algumas propostas de trabalhos futuros que merecem serem desenvolvidos.

---

## 2. TRANSMISSÃO E APRESENTAÇÃO DE MULTIMÉDIA EM AMBIENTE DISTRIBUÍDO

---

---

### 2.1. Introdução

---

Este capítulo pretende abordar, essencialmente, os conceitos envolventes à temática multimédia e à sua aplicação em ambiente distribuído, com principal destaque ao conceito de Qualidade de Serviço (*Quality of Service* - QoS). No que respeita à estruturação, este encontra-se subdividido em oito secções.

A secção 2.2 pretende definir o conceito de multimédia e algumas definições envolventes.

Na secção 2.3 são apresentadas algumas técnicas de compressão de conteúdos multimédia.

Na secção 2.4 são expostas as características relacionadas na transmissão de multimédia em redes.

No que concerne à secção 2.5, é abordada a temática Qualidade de Serviço, com a definição de algumas arquitecturas concebidas para tal.

A secção 2.6 aborda os protocolos de transporte multimédia, com a definição do protocolo *Real-Time Transport Protocol* (RTP).

A apresentação de alguns trabalhos, desenvolvidos na mesma temática, é efectuada na secção 2.7. Aqui, pretende-se dar uma visão do estado da arte na área de estudo.

Por último, a secção 2.8 constitui uma síntese dos principais conceitos abordados (neste capítulo), de modo a permitir uma melhor percepção do método utilizado na execução do trabalho.

---

## 2.2. A Multimédia

---

O termo Multimédia apareceu no final da década de 50 e tem vindo a ganhar várias interpretações, dependendo do ponto de vista de quem o utiliza. Por exemplo, para um vendedor de componentes informáticos o conceito de multimédia está associado às características do equipamento, ou seja, à capacidade de reproduzir som/imagem com grande qualidade e possuir mecanismos (*drives* DVD-ROM e microprocessadores) directamente concebidos para processar instruções de multimédia.

O conceito multimédia, à luz da ciência computacional, abarca um conjunto de aplicações que usam múltiplas modalidades incluindo texto, imagens, componentes gráficos, animações, vídeo, áudio e, principalmente, interactividade com os utilizadores.

Generalizando, o conceito Multimédia provém da construção lexical multi+média, isto é, vários objectos média numa única estrutura.

O termo Média está associado à representação de um tipo de informações (a ser apresentado) e ao meio de armazenamento dessas informações (por ex. o vídeo). A Média pode ser distribuída por duas subcategorias [Sampaio 2003]:

- ▶ Média estática ou discreta
- ▶ Média dinâmica ou contínua.

Uma **Média estática ou discreta** diz respeito, ao conjunto de toda a informação cuja, semântica e conteúdo não dependem das relações temporais, no processo de apresentação.

São exemplos de médias estáticas ou discretas todos os conjuntos de informações alfanuméricas (texto), gráficos e imagens estáticas.

Ao contrário da primeira, a **Média dinâmica ou contínua** é caracterizada pelo conjunto de informações cuja reprodução pressupõe uma dimensão temporal, ou seja, a semântica e a correcção dependem da taxa de apresentação. Uma Média dinâmica é constituída por sucessivas amostras que devem ser apresentadas em limites temporais estritos. Uma característica de relevo é a quantidade de dados (grande volume de informação) que comporta, impugnando ao sistema de informação grandes capacidades de recursos ao nível do processador, armazenamento e rede. São exemplos de média contínua: os vídeos, as animações e o áudio [Sampaio 2003].

No âmbito deste trabalho, abordar-se-á principalmente os conteúdos multimédia que abrangem o áudio e o vídeo. Neste sentido e segundo [Kurose 2002], existem três classes:

- ▶ Vídeo/ áudio pré-armazenado;
- ▶ Vídeo/áudio ao vivo, e;
- ▶ Vídeo/áudio interactivo.

Na **classe Vídeo/áudio pré-armazenado**, os utilizadores solicitam os conteúdos de vídeo e áudio pré-armazenados em servidores. Nestes, as médias acondicionadas permitem, quando solicitadas, a paragem, o avanço ou o retrocesso da apresentação. A reprodução começa a fazer-se momentos depois do utilizador a ter solicitado, o que implica que a Média seja reproduzida enquanto este ainda recebe outras partes da mesma. Uma vez iniciada a exibição, esta deve manter o tempo de reprodução estabelecido pela Média (originalmente gravado no servidor), impondo ao sistema requisitos críticos de tempo ao nível de recepção dos dados. São exemplos deste tipo de aplicações os sistemas de *video on demand* (VoD).

A classe **Vídeo/áudio ao vivo** comporta um conjunto de aplicações semelhantes às transmissões de Tv e Rádio convencionais que conhecemos todavia, o veículo de transmissão é uma rede. Nesta classe a média é transferida em tempo real o que impede o utilizador avançar na apresentação. Ressalve-se o caso da rádio *on-line* que constitui uma aplicação relacionada com esta classe.

As aplicações do tipo **Vídeo/áudio interactivo** permite aos utilizadores comunicarem entre si em tempo real. Aplicações como Voz sobre IP (VoIP) e Vídeo-conferência são bons exemplos para ilustrar esta classe de aplicações.

Para fazer face à grande quantidade de dados que as aplicações multimédia contêm, foram criadas algumas técnicas de compressão de dados, assunto esse que será abordado na secção seguinte.

---

## 2.3. Técnicas para compressão de dados

---

As médias como o áudio e o vídeo pressupõem grandes volumes de dados para a sua representação e uma largura de banda considerável com vista a transmissão. Isto acarreta alguns problemas ao nível do servidor, pelo que o espaço de armazenamento necessário para sustentar tais aplicações é considerável, e; do sistema de rede, uma vez que estes não estão preparados para sustentar elevados fluxos de informação.

Deste modo, a compressão dos dados constituirá uma medida viável ao funcionamento do sistema, fomentando o melhor aproveitamento do espaço de armazenamento e eficiência na utilização da largura de banda, durante a transmissão [Sampaio 2003], [Caçador 2004]. Para a compressão/descompressão de médias (vídeo e áudio) normalmente utilizam-se dispositivos implementados em hardware ou software designados por *codecs*. Estas estruturas permitem aos *players* de apresentação multimédia a descodificação para a reprodução das médias.

Dentro dos padrões mais utilizados na actualidade estão:

- ▶ JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) [JPEG 2007], e;
- ▶ MPEG (*Moving Picture Experts Groups*) [MPEG 2008].

O padrão **JPEG** constitui uma norma desenvolvida pela *International Organization for Standardization* (ISO) e o *International Telecom Union* (ITU), aplicando-se à compressão com perdas para imagens digitais paradas. O ficheiro que usa este método de compressão é chamado de JPEG e a extensão associada a este é, geralmente, 'jpg'. Embora seja direccionado para imagens paradas, com hardware específico, é possível codificar e descodificar uma sucessão de imagens JPEG em tempo real, designando-se por MJPEG (*Motion JPEG*) [Caçador 2004], [Siscoutto 2004].

O **MPEG** constitui um padrão desenvolvido pelo comité ISO, que comprime áudio e vídeo digital num só ficheiro.

De acordo com este padrão, o vídeo e o áudio comprimidos são tratados separadamente. Deste modo, o sistema deve conter um mecanismo que permita executar a sincronização destas médias, o que segundo [MPEG 2008], é possível com a utilização do componente MPEG Systems. Este elemento especifica o modo como devem ser multiplexados os fluxos comprimidos de áudio e vídeo num único fluxo – possui a informação de temporização que permite a reprodução sincronizada dos componentes áudio e vídeo.

Ao longo do tempo têm surgido uma série de normas para o padrão MPEG, como por exemplo [Sampaio 2003], [Monteiro 2000]:

- ▶ MPEG-1;
- ▶ MPEG-2;
- ▶ MPEG-4;
- ▶ Etc.

O padrão **MPEG-1** trata da codificação de vídeo e áudio com vista ao armazenamento digital e da taxa de dados de 1,5Mbps.

O **MPEG-2**, extensão ao primeiro padrão, mantém todos os conceitos do antecessor, introduzindo-se algumas melhorias. Este permite a compressão audiovisual de alta qualidade (TV digital) com taxas de dados de 2 a 10Mbps.

A norma **MPEG-4** permite para além da compressão de vídeo e áudio, a integração produção, distribuição e acesso a conteúdos nas aplicações do tipo televisão digital, aplicações gráficas interactivas e multimédia interactiva [Sampaio 2003].

Tanto o padrão JPEG como o MPEG são actualmente os mais conhecidos, uma vez que muitas das aplicações tecnológicas que existem no mercado fazem uso destes no respeitante à manipulação da imagem, do áudio e do vídeo digital. No que concerne ao trabalho proposto, o MPEG será utilizado como fonte de informação.

Na próxima secção abordaremos a transmissão multimédia em redes no qual serão abordados os principais factores que influenciam a transmissão de conteúdos multimédia em ambientes de rede.

## 2.4. Transmissão multimédia em redes

---

Actualmente o suporte de aplicações multimédia implica um esforço por parte das redes, na negociação dos diferentes requisitos das aplicações. Inclui o estabelecimento de políticas que vão determinar a forma como o sistema de rede e os sistemas terminais darão resposta às necessidades das aplicações em questão. No sistema de apresentação (sistemas terminais) devem ser aliadas os ritmos de processamento e de armazenamento aos volumes da informação e taxas de transmissão. Relativamente ao sistema de rede, deve disponibilizar características, que de uma certa forma, garantam a integridade da informação no processo de transmissão. Ou seja, deverá ter-se em conta o controlo dos seguintes parâmetros:

- ▶ Largura de banda;
- ▶ Atraso (*Delay*);
- ▶ *Jitter* (variação de atraso), e;
- ▶ Perdas (*lost*).

Estas características pertencem ao conjunto de requisitos de qualidade de serviço dos sistemas multimédia. Nas próximas secções será feita a descrição de cada uma delas.

---

### 2.4.1. Largura de Banda

---

A largura de banda constitui uma medida para o volume de informação (em bits) que atravessa um canal de transmissão por unidade de tempo. Esta característica é parte integrante do conjunto dos parâmetros de qualidade de serviço, que afectam em grande escala o funcionamento dos sistemas de rede, na transmissão de conteúdos multimédia. A multiplicidade de aplicações que actualmente usufruem de conteúdos multimédia, provocam nas redes necessidades específicas de largura de banda [Monteiro 2000].

### 2.4.2. Atraso

---

O atraso fim-a-fim ou *Delay* constitui um parâmetro bastante influente na transmissão de aplicações multimédia como, o áudio e vídeo digitalizados. Este conceito engloba todos os atrasos provocados no percurso dos dados da fonte até ao destino. Neste sentido, o *Delay* depende de uma série de características para além do tempo de transmissão dos dados: o atraso de propagação na rede; o tempo de acesso à informação; a codificação e a decodificação; o enfileiramento nos elementos da rede; o processamento e, por fim, o estado de congestionamento da rede. O efeito negativo do atraso fim-a-fim é mais notório em aplicações multimédia de transmissão de voz, de videoconferência e de realidade virtual [Sampaio 2003], [Monteiro 2000].

---

### 2.4.3. Jitter

---

O *Jitter* representa uma medida para a variação do atraso numa dada secção, sendo calculado através da diferença entre o tempo de chegadas de pacotes e o tempo nominal de chegada (tempo previsto). Ou seja, mede o desnivelamento temporal que ocorre na transmissão de cada pacote, em relação ao tempo previsto transmissão.

A sua existência é o efeito das diferenças entre o tempo de processamento, das variações no congestionamento da rede, dos diferentes percursos percorridos pelos pacotes, etc.

As aplicações multimédia de acesso à informação como, *vídeo on demand*, difusão de áudio ou vídeo, são mais sensíveis a este factor. Nestas aplicações o *jitter* poderá ser eliminado com a colocação de um buffer *First-in-first-out* (FIFO) no destino, antes da apresentação. O efeito deste mecanismo é receber os pacotes que chegam em intervalos variáveis e permitir ao sistema de apresentação retirar do *buffer* as amostras em intervalos regulares [Sampaio 2003], [Monteiro 2000].

#### 2.4.4. Perdas (Lost)

---

As perdas de pacotes ocorrem quando um ou mais pacotes transferidos são eliminados antes de chegarem ao destino. As perdas desta índole devem-se, em grande parte, ao descarte de pacotes que ocorre nos *routers*, em situações de falta de recursos da rede. Estas podem estar relacionadas com fenómenos tais como, erros de transmissão dos bits, quebra no sistema de rede (avaria de um componente), etc.

Este fenómeno pode afectar a transmissão multimédia, nomeadamente, da voz sobre IP, dos Jogos On-line ou da vídeo-conferência [Sampaio 2003].

Na secção que se segue, será feita uma abordagem ao tema da Qualidade de serviço, e paralelamente, serão apresentadas algumas arquitecturas de QoS.

---

### 2.5. Qualidade de serviço (QoS) em sistemas Multimédia

---

À medida que a utilização de conteúdos multimédia em ambiente distribuído se tornam mais populares, é urgente a implementação de padrões que monitorizem a qualidade de transmissão e a apresentação de acordo com as expectativas do utilizador.

Da perspectiva do ISO (*International Standard Organization*), o conceito *Quality of Service* (QoS) define o grau de satisfação provocado pelos serviços prestados pela rede. Este conceito é igualmente caracterizado por um conjunto de parâmetros específicos, que condicionam a operacionalidade da rede [Nahrstedt 1995]. Daí que o conceito de Qualidade de Serviço também possa ser visto como a negociação entre a aplicação e a plataforma multimédia, representado pela conjugação de parâmetros qualitativos e quantitativos (*Delay*, largura de banda, *Jitter*, etc), respondendo-se assim, às expectativas do utilizador final do serviço [Sampaio 2003].

Nos últimos anos têm surgido várias arquitecturas para a estruturação da qualidade de serviço nos sistemas multimédia em rede. Numa abordagem clássica, a QoS pode ser estruturada em três níveis ou camadas abaixo do utilizador, tal como sugere a ilustração da Figura 1 [Nahrstedt 1995]. A estruturação é constituída pelos níveis de Aplicação, de Sistema e de Dispositivo (constituído pelo nível de dispositivo Multimédia e nível de Rede).

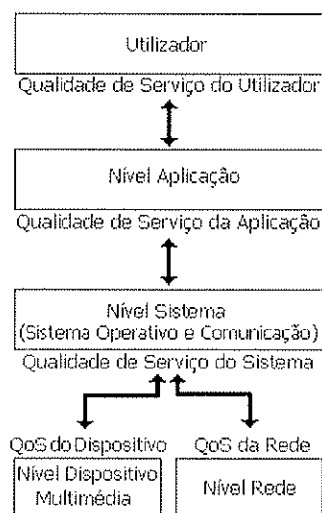


Fig. 1 – Arquitectura de um sistema Multimédia em Rede [Nahrstedt 1995]

Dado que todas as camadas, inferiores ao utilizador, apresentam serviços agregados, a parametrização de QoS para cada uma delas deve ser considerada, pois permite a especificação dos requisitos dos serviços [Nahrstedt 1995].

Os **Parâmetros de QoS da Aplicação** fazem a descrição dos requisitos nos serviços de aplicações e são especificados em termos de, qualidade de média e de relação de média. A **qualidade de média** abarca as características Fonte/Destino tal como a taxa de unidade de dados da média e as características de transmissão (como o *Delay fim-a-fim*). Os parâmetros de QoS da aplicação para a **relação de média** estão relacionados com a conversão de médias e sincronização inter/intra *stream* [Nahrstedt 1995].

Relativamente aos **parâmetros de QoS de Sistema**, temos a descrição de requisitos dos serviços de comunicação e do Sistema operativo. Estes são especificados em termos de critérios quantitativos e qualitativos [Nahrstedt 1995].

Os critérios quantitativos podem ser avaliados em termos de medidas concretas, tais como bits por segundo, número de erros, tempo de processamento de tarefas, tamanho das unidades de dados, etc [Nahrstedt 1995].

Os critérios qualitativos especificam os serviços esperados necessários para o provisionamento de QoS, tais como entrega ordenada de dados, mecanismo de recuperação de erros, mecanismo de escalonamento, etc [Nahrstedt 1995].

Os **Parâmetros QoS da Rede** descrevem os requisitos de rede que devem ser disponibilizados às aplicações, tais como atraso (*Delay*), largura de banda e *Jitter* (a variação do atraso) [Nahrstedt 1995].

Os **Parâmetros QoS do Dispositivo** especificam as demandas de largura de banda e de temporização para unidades de dados da média [Nahrstedt 1995].

As garantias de QoS podem ser agrupadas em três níveis diferentes [Sampaio, SM cap.3]:

- ▶ **Hard ou determinísticas** – Os requisitos de qualidade de serviço do utilizador são respeitados a cem por cento. Esta solução é a mais dispendiosa porque os recursos são reservados de forma dedicada para a aplicação em questão.
- ▶ **Soft ou estatísticas** – Os requisitos de QoS devem ser respeitados de acordo com uma percentagem – ideal para médias contínuas que não necessitam da totalidade da precisão.
- ▶ **Best effort** – este nível é caracterizado por não oferecer nenhuma garantia de QoS e cada aplicação é executada enquanto os recursos estiverem disponíveis.

Genericamente, podemos constatar que existem duas formas de oferecer garantias de QoS. A primeira visa a implementação de um sistema de rede com recursos suficientes que suportem o máximo tráfego esperado. Este método, em termos gerais, é simples e eficaz. No entanto, a sua implementação é cara e não reflecte um grau de escalabilidade suficiente, se o tráfego aumentar muito além do esperado [Sampaio 2007].

Um segundo método entende a reutilização das estruturas de rede já existentes e a implementação de mecanismos de reserva de recursos ou diferenciação de grupos de tráfegos. Poderá, assim, fornecer e garantir QoS no suporte de aplicações como a multimédia, sem colocar em causa o fornecimento dos serviços até aí estabelecido [Sampaio 2007].

Neste trabalho serão tratadas três arquitecturas no estudo da Qualidade de serviço.

A primeira trata do mecanismo **Best Effort**, sobre o qual se encontra implementada a Internet, isto é, um sistema que não tem quaisquer garantias de QoS. Os serviços são prestados sempre que existam recursos para tal [Monteiro 2000].

A segunda abordagem visa a arquitectura de Serviços Integrados (*Intserv*) – definida em [RFC 1633] – relacionada com o mecanismo de reserva de recursos para cada fluxo de informação.

A terceira abordagem debatida mais recentemente na comunidade científica, trata da arquitectura de Serviços Diferenciados (*Diffserv*) – definida em [RFC 2475] – relacionada com o facto dos serviços poderem ser diferenciados consoante um conjunto de classes de tráfego.

Cada uma destas arquitecturas será apresentada nas seguintes secções.

---

### **2.5.1. Best Effort**

---

O modelo de serviços Best Effort é constituído por um ambiente que compartilha a largura de banda entre os diferentes sessões estabelecidas. Em situações em que o estado da rede se encontra congestionado, os tráfegos competem entre si pelos recursos da rede, havendo em muitos casos o descarte de pacotes sem qualquer distinção. O que para muitas das aplicações, como as de multimédia, o processo de transmissão desta forma pode inviabilizar a integridade da informação.

O Best Effort não assegura qualquer mecanismo de garantia de qualidade de serviço, daí que, se encontre uma instabilidade maior quando é anexado um novo tráfego – atrasos inconstantes, desnivelamento das variações de atraso e perdas de pacotes mais frequentes. Nestas condições são prejudicadas as aplicações sensíveis ao atraso, perdas de pacotes e variações de atraso.

Vejamos a seguir uma forma de ultrapassar as dificuldades deste modelo, através da arquitectura de Serviços Integrados.

## 2.5.2. Serviços Integrados – Intserv

---

A arquitectura dos Serviços Integrados (Intserv – *Integrated Services*), desenvolvida pelo núcleo *Internet Engineering Task Force* (IETF) foi orquestrada com o intuito de permitir o fornecimento de garantias de qualidade de serviço aos fluxos individuais que cada aplicação tenciona transmitir [Kurose 2002].

Em [Sampaio 2007], o sistema *Intserv* é caracterizado pela capacidade de reconhecer a disponibilidade de funções de reserva de banda fim-a-fim para aplicações em tempo real. É importante ter-se em conta que cada reserva, quando estabelecida, é caracterizada por um fluxo simples, ou seja, por um fluxo individual entre o remetente e o receptor. Outro factor importante nesta arquitectura, determina que cada reserva de recursos, resultante dos pedidos das aplicações, pode ser concedida ou negada de acordo com a disponibilidade dos mesmos em cada elemento da rede.

A presente arquitectura de QoS abarca duas características chave [Kurose 2002]:

- ▶ **Recursos reservados** (do inglês *Reserved Resources*) – Para cada *router* é necessário saber-se a quantidade de recursos (*buffers* e largura de banda das ligações) já ocupados por secções em curso, e;
- ▶ **Admissão de chamada** (do inglês *call admission*) – Para estabelecimento de uma secção com determinadas garantias de QoS, deve ser desencadeado o mecanismo de reserva de recursos para cada *router* que compõe o sistema de rede. O processo de reserva de recursos deve percorrer todo o trajecto – fonte-destino – de modo a verificar se as exigências de QoS são cumpridas. Em cada *router* devem-se verificar os recursos locais, se estes podem cobrir as condições exigidas pela secção solicitante, sem violar as garantias locais de QoS para as secções já admitidas.

O processo de admissão de chamada, segundo [Kurose 2002], contempla três fases. De seguida analisaremos cada uma delas.

## Caracterização do tráfego e especificação da QoS solicitada

Na arquitectura Intserv, o Rspec (*reserved specification*) define a informação enviada pelo remetente de modo a descrever a QoS específica que está a ser solicitada. Enquanto que o Tspec (*traffic specification*) caracteriza o tráfego que o remetente irá emitir na rede para o receptor, caso a secção seja admitida. A constituição do Rspec e do Tspec varia consoante o serviço solicitado.

## Sinalização para a admissão de uma chamada

Os Tspec e Rspec de uma secção devem ser transmitidos aos *routers*, nos quais serão reservados os recursos da secção. Para a sinalização na admissão de uma secção (Chamada), é usado o protocolo *Resource ReServation Protocol* (RSVP – definido em [RFC 2210]).

## Admissão de chamada por elemento

A partir do momento que um *router* recebe o Tspec e o Rspec, para determinado pedido de QoS, tem a possibilidade de aceitar ou rejeitar a chamada dependendo dos recursos nele disponíveis. Caso estes dêem para cobrir a necessidade de garantia de QoS especificada pela aplicação, é estabelecida a reserva, ou seja, a admissão da chamada neste elemento. A partir daqui e até ao receptor, o processo repetir-se-á nos elementos seguintes, caso os recursos em cada um deles o permitam.

A arquitectura de Serviços Integrados admite duas classes de serviço:

- ▶ Serviços garantidos, e;
- ▶ Serviços de Carga Controlada.

A definição de **serviços garantidos** (*Guaranteed Services – GS*), especificada em [RFC 2212], fixa o limite dos atrasos de enfileiramento que um pacote experimentará ao passar por um *router*, permitindo a chegada ao destino dentro do limite de tempo estipulado para a entrega. Este serviço garante, igualmente, que os pacotes não sejam descartados, sempre que os fluxos não ultrapassem os parâmetros especificados no tráfego (largura de banda assegurada). Os serviços Garantidos não são usados na

minimização do *jitter* (variação do atraso) mas sim, no controlo do atraso máximo devido ao tempo de espera na fila. Uma vez que o limite de atraso garantido é fixo, este tem de ser intercalado num intervalo que permita situações de atraso fora do vulgar. De acordo com estas características, os serviços Garantidos são ideais na manipulação das aplicações de tempo-real. Ou seja, tornam-se úteis em aplicações que necessitam de largura de banda disponível e controlo no atraso de chegada de cada pacote [RFC 2212], [Sampaio 2007].

O **serviço de carga controlada** (*Control Load Services - CL*), especificada em [RFC 2212], pode ser equiparado a um mecanismo intermédio ao serviço Garantido e ao *Best Effort*, mediante o mecanismo de controlo de admissão e o de tráfego. Este serviço prevê a entrega eficiente dos pacotes (mínimo de descartes nos *routers*), não fornecendo, no entanto, garantias quantitativas no respeitante a parâmetros da rede como o limite de atraso e a largura de banda. Tais características fazem deste último um mecanismo ideal a aplicações facilmente ajustáveis à variação do atraso e largura de banda – Tráfego elástico [RFC 2212], [Sampaio 2007].

Em [Sampaio 2007], a arquitectura de Serviços Integrados é dividida em dois planos, de acordo com as diferentes funcionalidades, tal como sugere a ilustração da Figura 2.

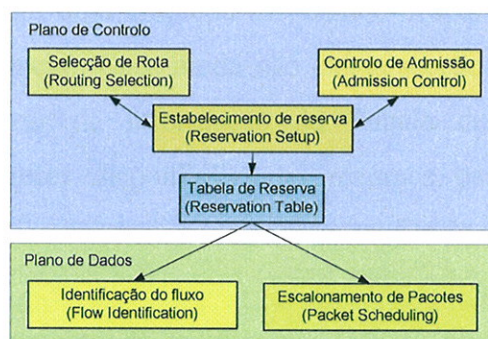


Fig. 2 – Planos de controlo e de dados [Sampaio 2007]

## Plano de controlo

Este plano está relacionado com as funcionalidades de controlo que o Inserv disponibiliza. No **estabelecimento de reserva**, a aplicação que pretende usufruir de uma secção na rede deve, em primeiro lugar, caracterizar o tráfego (Tspec) e declarar os requisitos de qualidade de Serviço (Rspec), relacionados ao fluxo em causa. Partindo

desta informação, cada *hop*, ao longo do trajecto, pode aceitar ou rejeitar a reserva solicitada. Neste momento, o pedido de reserva é lançado na rede.

No momento em que um *router* recebe um pedido interage com o módulo de roteamento, determinando o encaminhamento do pedido de reserva – **Seleção de Rota** (Routing Selection). Para tal, o sistema utiliza o protocolo de sinalização RSVP.

Para além da determinação da rota da reserva, o *router* coordena o **Controlo de admissão**, ou seja, verifica se os recursos disponíveis são suficientes para satisfazer os requisitos do novo pedido.

Com a reserva instituída, toda a informação, relacionada com o fluxo reservado, é exportada para a **Tabela de Reserva** de Recursos [Sampaio 2007].

## **Plano de Dados**

O plano de Dados, compreende todas as funcionalidades relacionadas com a manipulação directa dos dados.

A informação da Tabela de Reserva é útil na configuração do módulo de **Identificação de Fluxo** e de **Escalonamento de Pacotes**.

No momento em que a reserva e a rota foram estabelecidas, o fluxo de pacotes pode ser iniciado. Quando estes chegam a um *router*, o módulo de **Identificação de Fluxo** identifica cada pacote com uma etiqueta, associando-o a um determinado fluxo (que contenha a mesma referência). Caso ainda não exista secção para este pacote é criado um novo fluxo. A partir da informação da Tabela de reserva, o módulo de **Escalonamento<sup>\*</sup> de Pacotes** disponibiliza os recursos para o fluxo em questão, implementando uma política de serviço aos pacotes na fila de saída [Sampaio 2007].

Em suma, o funcionamento da arquitectura IntServ pode resumir-se a [Sampaio 2003]:

- ▶ Estabelecimento de um mecanismo de especificação dos parâmetros de QoS;
- ▶ Controlo de admissão, a fim de verificar se os recursos disponíveis suportam a anexação de uma nova aplicação, sem afectar o QoS dos fluxos já admitidos;
- ▶ Processo de tradução e de negociação dos requisitos de QoS da aplicação pendente, de modo a estabelecer a secção. Depois de estabelecido o fluxo, os requisitos têm que ser renegociados periodicamente, de forma a garantir que as

características iniciais impostas pela aplicação estejam sempre em sintonia com o acordo inicial, e;

- ▶ Reserva de recursos e escalonamento para atender aos requisitos de QoS das aplicações, e;
- ▶ Política de tráfego no escalonamento dos pacotes, assegurando que as aplicações gerem a quantidade de dados prevista pelo acordo de QoS.

### RSVP (*Resource ReServation Protocol*)

De acordo com [RFC 2210], as configurações do modelo de Serviços Integrados (IntServ) funcionam com base no protocolo de sinalização RSVP, ou seja, este protocolo é adoptado como forma de sinalização no processo da reserva de recursos.

Os pedidos de reserva das aplicações são concedidos ou negados, dependendo da disponibilidade dos mesmos. Neste processo, o(s) remetente(s) enviam mensagens *PATH* com endereços *unicast* e *multicast* na direcção do(s) receptor(es). Esta notificação permite proporcionar ao(s) destinatário(s) as informações das especificidades do tráfego (Tsepec), do(s) remetente(s) e do percurso, permitindo desta forma, o estabelecimento de reservas de acordo com os requisitos a satisfazer e as propriedades da fonte dos dados.

Tal sugere a ilustração da Figura 3, quando o receptor ou os nós intermédios pretendem reservar recursos (*reservation*), emitem uma mensagem de reserva *RESV* em direcção ao remetente. De cada vez que uma reserva é concedida, num determinado nó, este responde, através do protocolo RSVP, com uma mensagem *PATH* no sentido inverso.

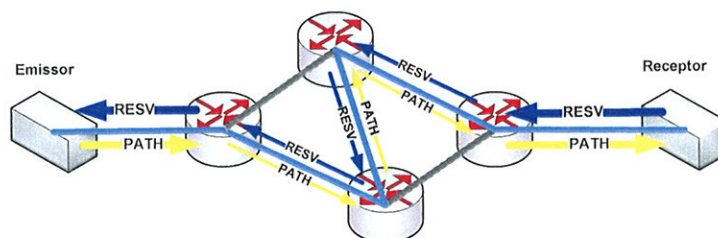


Fig. 3 – Processamento de mensagens *PATH* e *RESV* [Sampaio 2007]