

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

Kenner Xavier

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE APLICAÇÕES
DE ÁUDIO E VÍDEO NA REDE METROPOLITANA
DE ALTA VELOCIDADE DE FLORIANÓPOLIS**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos
requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação

Paulo José de Freitas Filho, Dr

Florianópolis, dezembro de 2000

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE APLICAÇÕES DE ÁUDIO E VÍDEO NA REDE METROPOLITANA DE ALTA VELOCIDADE DE FLORIANÓPOLIS

Kenner Xavier

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação Área de Concentração Sistemas de Computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

Prof. Paulo José de Freitas Filho, Dr.
Orientador

Prof. Fernando A. O. Gauthier, Dr.
Coordenador Curso

Banca Examinadora

Prof. Paulo José de Freitas Filho, Dr

Prof. João Bosco da Mota Alves, Dr.

Profa. Elizabeth Sueli Specialski, Dra.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Paulo José de Freitas Filho, pela disponibilidade, apoio, incentivo, confiança e paciência na orientação deste trabalho.

À UFSC e à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, pela oportunidade concedida para a realização deste trabalho.

Ao Laboratório NURCAD, da Rede Metropolitana de Alta Velocidade de Florianópolis, por fornecer subsídios para a coleta dos dados e a elaboração de experimentos que contribuíram para os estudos realizados neste trabalho.

Aos professores e colegas do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, pela amizade compartilhada, troca de conhecimentos, e contribuições valiosas.

Aos servidores da Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Verinha e Valdete, sempre dispostas a atender os alunos com toda atenção possível.

Aos colegas do Laboratório de Informática do CCNE - UFSM, que oportunizaram um ambiente propício ao trabalho e torceram incondicionalmente para o sucesso deste.

À todas as outras pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para que este trabalho se tornasse realidade.

RESUMO

Pesquisando em periódicos ou nas próprias instituições que fomentam projetos de desenvolvimento tecnológico, percebe-se um interesse grande sobre aplicações de áudio e vídeo em redes de computadores, este interesse é porque as novas tecnologias estão proporcionando um aumento da velocidade nos meios de comunicação, facilidade de integração entre sistemas de comunicação e redes de computadores.

O trabalho que segue apresenta uma análise sobre o desempenho de aplicações de áudio e vídeo na Rede Metropolitana de Florianópolis, conhecida como RMAV-FLN, esta rede foi desenvolvida e implantada com recursos provenientes de projetos de pesquisa, possibilitando a utilização de sua estrutura como laboratório para estudos.

O objetivo principal é avaliar o desempenho da rede sobre uma aplicação específica de áudio e vídeo, determinando e comparando, os resultados obtidos em medições com os processos de simulação e modelagem.

Para tanto foi necessário estabelecer uma metodologia de trabalho que oportunizasse um estudo e análise dos fatores que pudessem influenciar o desempenho das aplicações, entre estes fatores foram considerados: a utilização de CPUs; largura de banda utilizada na rede; taxa de frames por segundo enviados e perda de sinal nas aplicações de áudio e vídeo.

Para o desenvolvimento dos trabalhos utilizaram-se algumas ferramentas de modelagem e simulação, assim como os conhecimentos e pesquisas sobre as tecnologias que envolvem processo de transmissão de sinais de áudio e vídeo em redes ATM.

Como resultado final, contemplam-se algumas conclusões sobre as características das redes de alta velocidade e as possibilidades de aplicações de áudio e vídeo sobre estas.

ABSTRACT

Investigating papers in journals or in specific institutions that promote research projects and technological development, a big interest about audio and video applications in networks is noticed.

This interest is justified because the new technologies are offering an increase of the velocity in communication devices, easy integration between communication systems and networks.

This research had for objective to evaluate the performance of audio and video applications in the TV Multicast subproject of RMAV-FLN.

To achieve this objective, it was necessary establish a work methodology that offered a study and analysis of factors that could influence the performance of the applications, among these factors were considered: CPUs utilization, channel occupation, frames delivered per second, cell loss.

To develop the investigation, some modelling and simulation tools were used, as well as knowledge and researches about technologies that related to the audio and video signal transmission process in ATM networks.

As final results, it was ended that about networks with ATM technology, audio and video applications are possible, however, it is necessary to dedicate a special attention to the need of equipment performance that are related to the audio and video reproduction process to the final user.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. INTRODUÇÃO.....	10
1.2. JUSTIFICATIVA	10
1.3. OBJETIVOS E ESTRUTURA DO TRABALHO.....	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1. INTRODUÇÃO.....	13
2.2. TECNOLOGIAS DE ÁUDIO E VÍDEO.....	13
2.2.1. <i>Introdução</i>	13
2.2.2. <i>Princípios para a transmissão de sinais de áudio e vídeo</i>	13
2.2.3. <i>Áudio</i>	15
2.2.4. <i>Vídeo</i>	19
2.2.5. <i>Alternativas para a transmissão de sinais de áudio e vídeo em redes</i>	20
2.3. TECNOLOGIA ATM	21
2.3.1. <i>Introdução</i>	21
2.3.2. <i>Princípios</i>	22
2.3.3. <i>Categorias de serviços ATM</i>	24
2.3.4. <i>O ATM e suas Aplicações</i>	26
2.4. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO.....	27
3. METODOLOGIA	29
3.1. INTRODUÇÃO.....	29
3.2. SELEÇÃO DE UMA TÉCNICA DE AVALIAÇÃO.....	29
3.3. MODELAGEM	30
3.4. SELEÇÃO DE MEDIDAS DE DESEMPENHO, MÉTRICAS.....	31
3.5. PROJETO EXPERIMENTAL	32
4. ESTUDO DE CASO.....	33
4.1. INTRODUÇÃO.....	33
4.2. AMBIENTE DO PROJETO TV MULTICAST	35
4.3. AMBIENTE DE GERENCIAMENTO DO PROJETO TV MULTICAST DO RMAV-FLN.....	36
4.4. FERRAMENTAS DAS APLICAÇÕES	37
4.5. CARGAS NO SISTEMA	38
4.6. ESPECIFICAÇÃO DAS MÉTRICAS	40
4.7. DEFINIÇÃO DE FATORES E PARÂMETROS	41
4.8. PLANEJAMENTO E REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	43
4.9. MODELOS PARA SIMULAÇÃO.....	43
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	47
5.1. INTRODUÇÃO.....	47
5.2. ESTATÍSTICAS BÁSICAS.....	47
5.3. ANÁLISE DE VARIÂNCIA	49
6. COMENTÁRIOS FINAIS.....	52
6.1. INTRODUÇÃO.....	52
6.2. CONCLUSÕES.....	52
6.3. LIMITAÇÕES DO TRABALHO	53
6.4. INDICAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	54
REFERÊNCIAS	56
ANEXOS	59
ANEXO 1 – DESCRIÇÃO DO MODELO.....	59
ANEXO 2 – RELATÓRIO GERADO NA SIMULAÇÃO	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Categorias de serviço ATM	15
Tabela 2 – Seleção de uma Técnica de Avaliação.....	20
Tabela 3 - Configurações dos Equipamentos de Rede, experimentos TV Multicast.....	27
Tabela 4 – Situação dos Agentes.....	28
Tabela 5 – Qualidades de vídeo usadas em TV.....	30
Tabela 6 – Métricas a serem observadas.....	31
Tabela 7 – Fatores e níveis para os experimentos.....	34
Tabela 8 – Resultado das simulações.....	38
Tabela 9 – Resultado dos experimentos monitorados.....	39
Tabela 10 – Teste F para a variável frame/segundo.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Célula ATM.....	13
Figura 2 – Estrutura de um sistema de captura e geração de sinais de áudio e vídeo.....	23
Figura 3 – Topologia que descreve as RMAVs em experimentos TV Multicast.....	24
Figura 4 – Topologia do modelo para TV Multicast.....	26
Figura 5 – Configurações padrões para equipamentos comerciais.....	36
Figura 6 - Interface do programa COMNET III para simulação.....	36
Figura 7 – Opções de Relatórios do COMNET III.....	37
Figura 8 – Comparação entre valores da Simulação e Monitorados.....	39

LISTA DE SIGLAS

ATM	Asynchronous Transfer Mode
ABR	Available Bit Rate
CBR	Constant Bit Rate
Fps	Quadros por segundo
IETF	Engineering Task Force
ITU-T	Telecommunication Standardization Sector of International Telecommunication Union
MFps	Mega Flops por second
MIB	Management Information Base
overflow	Erro por sobrecarga na estrutura de dados ou memória
RAT	Real Audio Tool
RFC	Request for Comments
RMAV-FLN	Rede Metropolitana de Alta Velocidade de Florianópolis
RNP	Rede Nacional de Pesquisa
SNMP	Simple Network Management Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol/ Internet Protocol
TDM	Multiplexação por divisão do tempo
VBR	Variable Bit Rate
VIC	Video Tool Conference

1. INTRODUÇÃO

1.1. Introdução

Nos dias de hoje, é possível observar as aplicações que demonstram o potencial das redes de computadores. Destacando-se os exemplos de transmissão de sinais de áudio e vídeo através das redes de computadores (Internet); embora estes exemplos não pareçam satisfatórios, pois nota-se algumas imperfeições nestas demonstrações, pode-se vislumbrar o potencial das tecnologias envolvidas.

Neste trabalho, serão analisados os processos que envolvem a transmissão dos sinais de áudio e vídeo em redes de computadores com tecnologia ATM. Com o objetivo de estabelecer critérios que possibilitem a avaliação do desempenho destas redes, será tratado especificamente as aplicações TV Multicast no ambiente circunscrito pelo projeto RMAV-FLN (Rede Metropolitana de Alta Velocidade de Florianópolis SC).

Sob o ponto de vista tecnológico, experiências na transmissão de sinais de áudio e vídeo já são uma realidade plenamente justificáveis, pode-se citar experimentos com benefícios concretos como o projeto na área de medicina chamado Cyclops, que tem como objetivo auxiliar os médicos com novas ferramentas de exames por imagens(Cyclops, 2000).

De outra forma, para o nosso dia a dia, as aplicações que exigem tempo real, como é o caso das futuras pretensões do ensino virtual (Universidade Virtual), pode-se observar uma série muito grande de dúvidas, estas relacionadas ao desempenho que as redes de computadores deverão apresentar para possibilitar aplicações deste gênero.

1.2. Justificativa

As transmissões de sinais de áudio e vídeo em tempo real, nas redes de computadores, são uma realidade, embora este processo de transmissão seja possível quando se usam meios convencionais de transmissão. A transmissão via redes de computadores explora as possibilidades de interação de diversos recursos tecnológicos

no processo de comunicação, o objetivo de uso destas redes de computadores é estabelecer menor custo e maior precisão nos processo de comunicação.

A diversidade dos meios de comunicação como os telefones celulares, TV a cabo, TV via satélite assim como os mais tradicionais como, correspondências escrita e fitas gravadas que proporcionam, comparativamente, estabelecer diferenças entre custos e benefícios na utilização destes meios e, por mais que discussões se prolonguem neste sentido, as novas tecnologias trazem vantagens para solucionar problemas como vencer a barreira do tempo e solucionar o problema da presença pessoal, entre outros.

Os benefícios da utilização de sistemas computacionais nos meios de comunicação criam um ambiente virtual que atende as necessidades reais, buscando a solução de determinados problemas, como por exemplo: o desenvolvimento de diagnóstico médico, feitos por especialistas, que não são facilmente encontrados ou teriam que se deslocar para realizar estes diagnósticos; os cursos de treinamentos em áreas do conhecimentos específicos que por poucos são dominadas e, em um aspecto mais geral, uma maior amplitude dos meios para divulgação da informação que proporcionam alternativas para os mais variados problemas de conhecimento.

Como em geral todo processo tecnológico se inicia em âmbito acadêmico, através de projetos de pesquisa, e posteriormente se expande como benefício para a comunidade, o processo de pesquisa e implantação das redes de alta velocidade no Brasil já esta em uma etapa avançada de formação da estrutura, possibilitando a ampliação das redes de computadores para aplicações de áudio e vídeo em tempo real.

Um dos fatores críticos para estas aplicações é a velocidade, como o próprio nome diz, as redes de alta velocidade se propõem a suprir a necessidade de velocidade, no entanto outros fatores devem ser considerados como por exemplo o desempenho das aplicações utilizadas nos processos de comunicação.

Neste trabalho será traçada uma linha de pesquisa que objetive a avaliação de desempenho de aplicações de áudio e vídeo em redes de computadores, descrevendo uma metodologia que proporcione conclusões sobre o que esperar destas redes.

1.3. Objetivos e Estrutura do Trabalho

Considerando as aplicações de áudio e vídeo e a proposta de avaliação de desempenho destas aplicações na Rede Metropolitana de Alta Velocidade de Florianópolis, pretende-se neste trabalho atingir os seguintes objetivos:

- Identificar quais são os fatores que influenciam o resultado final em uma aplicação de áudio e vídeo em redes ATM;
- Descobrir quais são os níveis mínimos para que se concretize o processo de transmissão de sinais de áudio e vídeo em redes ATM;
- Descobrir qual a limitação da rede ATM para aplicações de áudio e vídeo.

Para chegar a estes objetivos os trabalhos foram desenvolvidos de forma sistemática como serão descritos nos capítulos posteriores.

A estrutura do trabalho apresenta-se da seguinte forma:

No capítulo 2 é feita uma revisão sobre os conceitos que envolvem este trabalho, constituindo-se na fundamentação teórica sobre os assuntos que serão abordados.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia da pesquisa que foi seguida mostrando as etapas do trabalho, para a consecução dos objetivos.

No capítulo 4 é apresentado o estudo de caso, as características do ambiente para avaliação de desempenho da aplicação TV Multicast, na Rede Metropolitana de Alta Velocidade de Florianópolis.

No capítulo 5 é apresentada a análise dos resultados obtidos no trabalho de avaliação de desempenho.

E, no capítulo 6, algumas considerações sobre o trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E ESTADO DA ARTE

2.1. Introdução

No contexto das aplicações de áudio e vídeo para redes de computadores, uma série de tecnologia estão envolvidas, entre estas o ATM(Assynchronous Transfer Mode), os modos de compactação de vídeo, os aplicativos para reprodução de áudio e vídeo e outros.

Neste capítulo se fará uma breve revisão sobre os conceitos das tecnologias que envolvem este trabalho. Esta revisão visa esclarecer as características dos assuntos que serão abordados, facilitando o entendimento das questões que serão expostas. começando na próxima sessão sobre áudio e vídeo.

2.2 Tecnologias de Áudio e Vídeo

2.2.1 Introdução

Especula-se que o vídeo digital venha a ser o maior componente de tráfego em redes digitais de faixa larga. Aplicações como vídeo-conferência, videofone, HDTV (High-definition television, televisão de alta definição) (GATES, 1995), exigem destas redes uma quantidade relativamente grande de largura de banda. A instalação de fibras óticas até os usuários em potencial irá encorajar a proliferação de tais serviços, além de outros que surgirão.

É relevante e perceptível o relacionamento entre as tecnologias ou a interdependência entre estas, pois a aplicabilidade de uma, tem como consequência a possibilidade e existência de outras, a seguir a maneira como se apresentam os sinais de áudio e posteriormente as características dos sinais de vídeo nas sessões que seguem.

2.2.2. Princípios para a transmissão de sinais de áudio e vídeo

Uma das limitações na utilização de sinais de áudio e vídeo em redes de computadores, deve-se principalmente ao fato dos sinais necessitarem de sincronismo na transmissão, ou seja, o som e imagem devem ser transmitidos e recebidos em conjunto para que uma mensagem possa ser interpretada de maneira correta.

Independente da fonte que gerou os sinais, tanto em aplicações de áudio e vídeo, ou ambos, destacam-se algumas restrições que descrevem o caráter crítico que algumas aplicações multimídia desenvolvem em redes de computadores a citar as seguintes:

- Retardo máximo de transferência , que é o máximo tempo aceitável entre o envio e a recepção da informação no destino;

- Variação estatística do retardo, que determina estatisticamente em quanto esse tempo de retardo variará;

- Taxas aceitáveis de erro de bit e pacotes de dados, determina a taxa de erro por bit e por pacote

Estes parâmetros determinam os padrões mínimos para transmissão de uma mensagem multimídia, que trafegando em uma rede e alcançando um receptor possa ser interpretada corretamente.

Existem basicamente duas formas de transmissão de vídeo: a transmissão por pacote e a transmissão isócrona.

No primeiro caso, o vídeo viaja pelo meio, entra no adaptador de rede, cruza o barramento do computador, a pilha de protocolo, passa pela aplicação de vídeo até chegar à tela em forma de mapa de bits.

O processo descrito anteriormente culmina com o espectador interpretando uma mensagem que está sendo transmitida pela rede de computador, nos meios convencionais de transmissão de mensagens televisivas; mensagens acompanhadas de vídeo e áudio são interpretadas pelos sentidos auditivo e a capacidade de visão do ser humano.

Ao fazer referência à mídia eletrônica, via computador, deve-se considerar a percepção humana sobre a qualidade e possibilidade de interpretação de mensagens.

Alguns trabalhos como “*Os meios Audiovisuais*” (GIACOMANTONIO, 1990), ressaltam a importância dos meios de comunicação para a transmissão de mensagens, não basta somente viabilizar o processo de transmissão de informação via

computador, é importante certificar-se do resultado final, a interpretação e entendimento das mensagens transmitidas.

Sobre o ponto de vista da tecnologia adotada, a eficiência do meio para a transmissão de mensagens supõe que um microcomputador sendo utilizado em um processo de transmissão de mensagens deva produzir e enviar a mensagem, e um computador receptor deve receber e reproduzir a mensagem, desconsidera-se neste contexto a interpretação da mensagem pelo ser humano.

Algumas considerações estão sendo feitas sobre a qualidade das transmissões de áudio e vídeo sobre redes de computadores, estas considerações referem-se as qualidades pretendidas, dizem respeito aos parâmetros mínimos que são considerados para o sucesso em um processo de transmissão de áudio e vídeo. (MARTINS, 1999)

2.2.3. Áudio

Nos meios de comunicação os sons audíveis, sejam oriundos da língua falada ou de instrumentos que gerem sons significativos, constituem-se num meio poderoso de transmissão de mensagens ou informações.

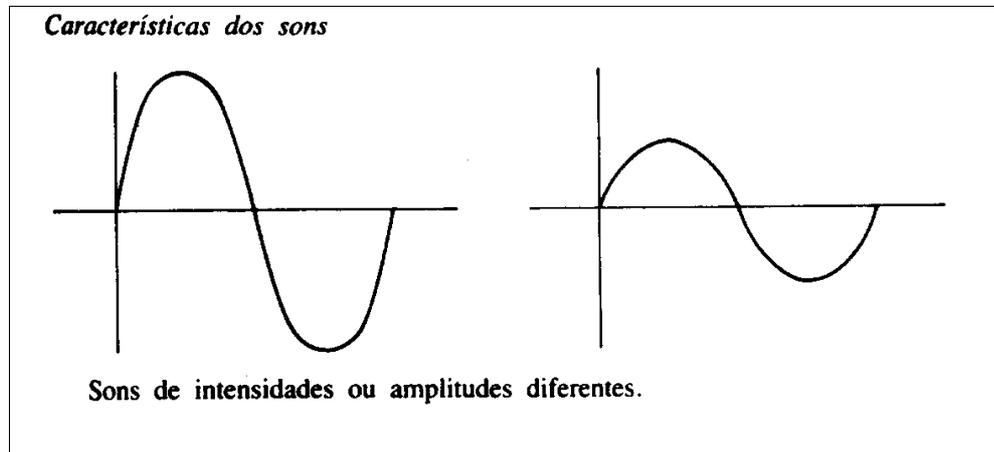
O objetivo do processo de transmissão de áudio, nos sistemas de computação, recai sobre a necessidade do uso da mídia como meio rápido, preciso e econômico para a transmissão de informações ou mensagens.

Nos projetos de redes de alta velocidade, o objetivo é capacitar os sistemas computacionais para o tráfego de áudio com garantias de integridade e continuidade, estas características serão ressaltadas a medida que forem esclarecidas algumas das propriedades dos sinais de áudio nos parágrafos seguintes.

Um sinal de áudio é uma onda acústica unidimensional, a Fig. 01 ilustra esta característica pela representação gráfica da onda. Quando uma onda acústica entra no ouvido, o tímpano vibra, fazendo com que os minúsculos ossos do ouvido interno vibrem também, enviando impulsos nervosos ao cérebro. Esses impulsos são percebidos como sons, pelo ouvinte. Da mesma forma, quando uma onda acústica chega a um microfone, o microfone gera um sinal elétrico, representando a amplitude do som como uma função de tempo. Sendo que a representação, o processamento, o armazenamento

e a transmissão desses sinais de áudio formam a área de maior interesse de estudo dos sistemas de multimídia (TANENBAUM, 1997)

Figura 1 – Onda senoidal

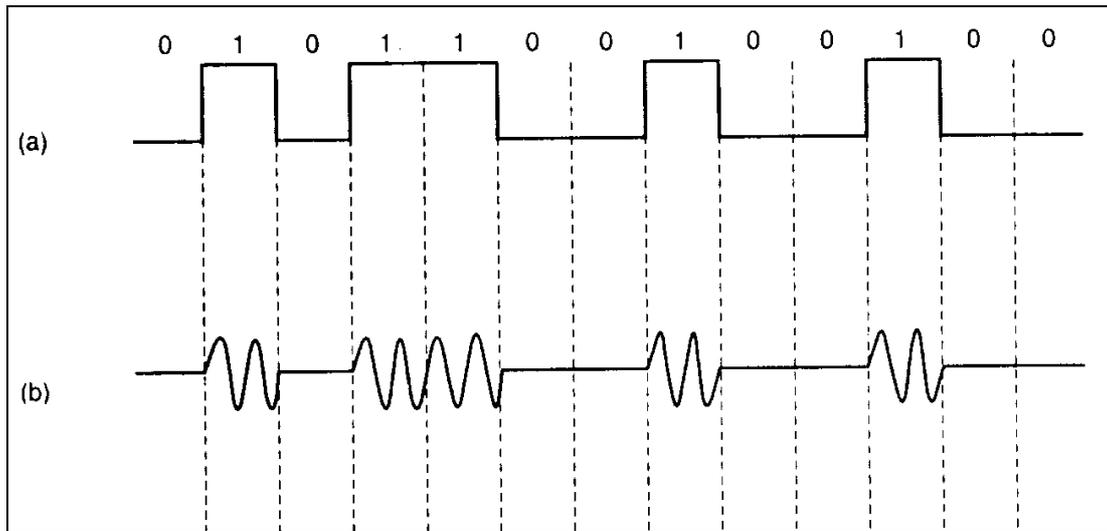


Os sons, propriamente ditos, são reproduzidos pelas variações elétricas que os compõe, estes dão origem aos sinais analógicos, sinais de áudio são compostos por sinais elétricos, os quais não são compatíveis com os sinais dos microcomputadores, nem com os das redes de microcomputadores, no entanto, os microcomputadores dotados de placas de áudio convertem os sinais captados por dispositivos como microfone ou de outras fontes em sinais digitais, neste processo, freqüentemente desenvolve-se outro, chamado compactação por hardware (MAGLARIS, 1988) desta forma tem-se sons disponíveis para a transmissão e ou reprodução computacional.

O processo de compactação dos sinais de áudio é necessário para a otimização no processo de transmissão dos sinais nas redes de computadores, primordialmente existe uma disputa pela economia do espaço da largura de banda na rede e, em segundo lugar, a economia de espaço nas unidades de armazenamento de dados, tanto para manter os dados como para reproduzi-los nos aplicativos.

As características originais da onda acústica contrasta com o meio de codificação que representam os sinais de computador, estes são digitais, observe a Fig.2, por isto é necessário adaptar a representação dos sinais de áudio para o meio de transmissão via computadores.

Figura 2 – Transformação de sinal analógico em digital



Durante o processo de reprodução dos sons, via computadores, algumas características originais dos sons podem ser perdidas, devido as alterações representadas pela fragmentação dos sinais, estas fragmentações se caracterizam nos processos de digitalização dos sinais quando estes são transformados de analógicos para digitais e podem ocorrer perdas das informações; estas características são peculiares e observadas em microcomputadores com pouca capacidade de armazenamento e processamento dos dados. Assim como no processo de transmissão via redes de computadores, estes sintomas são detectados pelas limitações de velocidades na transmissão dos dados.

No processo descrito anteriormente, surtos de voz e surtos de silêncio que sejam gerados, são transmitidos nas redes de computadores, no entanto se os pacotes transmitidos sofrerem retardos variados, chegarão ao destino não mais preservando a continuidade, podendo ainda gerar períodos de silêncio onde não existia, prejudicando consequentemente a inteligibilidade da informação no destino.

Observando todos estes detalhes é de se esperar que para a transmissão de áudio em redes de computadores esteja disponibilizado o hardware e software adequados, quando são considerados estes fatores deve-se analisar algumas das propostas usadas e disponíveis no mercado.

Em trabalhos como os da Universidade do Vale do Rio do Sinos, “*Transmissão Multimídia em redes de computadores: um relato para redes locais e Internet2*”

(ROESLER, 2000), podem ser analisados alguns dos resultados obtidos com o software RAT(Robust Audio Tool) (RAT, 2000).

Aplicativos que são utilizados para a transmissão de áudio em redes de computadores, em alguns casos, determinam um desempenho maior dos equipamentos, alguns fatores como o modo de codificação, decodificação utilizado é que influenciam estes resultados.

De outra forma os recursos a que se relacionam as etapas de compactação, podem estar relacionados aos recursos de hardware como é o caso dos chips utilizados nas placas de conversão e codificação de sinais de áudio em sinais digitais para os computadores e para as redes.

Outro aspecto quanto a qualidade de áudio são as propriedades de reprodução monofônica e estereofônica, quando na primeira situação são necessários apenas 8 bits para a codificação dos sinais, no caso de sinais estereofônicos são necessários 16bits para a codificação. A tabela 1 apresenta o quadro de equivalência para alguns exemplos de codificação utilizado por fabricantes de hardware (MULTIMEDIA, 2000).

Tabela 1 – Exemplo de padrões e estilos de codificação

SINAL EM SEGUNDOS	ESTILO DE CODIFICAÇÃO
08,000	8-bit sinal mono baixa qualidade
22,050	8-bit linear não sinalizado mono e estéreo
44,100	16-bit linear não sinalizado mono e estéreo

De qualquer forma, as limitações das aplicações de som em sistemas computacionais estão cada vez menores, isto devido ao avanço tecnológico e a disponibilização de uma gama muito grande de recursos tanto de software e hardware, que possibilitam a manipulação de sinais referentes a áudio com alta qualidade e fidelidade, exemplificam-se desta maneira algumas aplicações isoladas e em redes de computadores, como: reprodução de música digital (CD-ROM), rádio via Internet (MP3) e outros.

Em aplicações de redes de computadores, como o experimento TV Multicast, as peculiaridades do sinal de áudio se apresentam de maneira transparente para os usuários finais. Sabe-se que para a transmissão de áudio em redes de computadores

pouco espaço é requerido para o tráfego, a utilização de softwares que utilizam o recurso de armazenamento e reprodução posterior dos sons suprimem quaisquer deficiência que por ventura ocorram.

Para o processo de avaliação de desempenho é importante considerar que o som, assim como as imagens, deverão ser apresentados sincronizadamente pois neste trabalho o conjunto é que irá proporcionar ao usuário final a percepção de que em um processo de TV Multicast, é possível a recepção de informações, na sessão seguinte é traçada uma perspectiva sobre o sinal de vídeo.

2.2.4. Vídeo

Os sinais de vídeo são compostos de uma combinação de pixels (pontos na tela que em conjunto formam a imagem), dependendo da complexidade, o que inclui os recursos de cores, tem-se um maior ou menor número de pixels por imagem, aumentando o grau de dificuldade para os sistemas computacionais armazenarem e processarem as imagens.

Para caracterizar melhor pode-se dizer que os sinais de vídeo digital são uma seqüência de quadros, cada um formado por uma grade retangular de elementos de imagem, ou pixels. Cada pixel pode ter:

- um único bit por pixel, para representar um ponto preto ou branco;
- 8 bits por pixel, para representar 256 tons de cinza;
- 8 bits para cada uma das cores **RGB** (**R**ed=vermelho, **G**reen=verde, **B**lue=azul)
- ou 24 bits por pixel para imagens coloridas.

Em um processo normal de observação de imagens o ser humano interpreta o movimento através da seqüência de quadros que se formam na retina e são interpretados pelo cérebro, para se ter a noção do movimento são necessários a observação de pelo menos 50 quadros por segundo[Tanembauem], comparativamente sabe-se que uma média razoável na transmissão de sinais equivale a 30 quadros por segundo, em função das variações deste valor tem-se a impressão de uma maior ou menor fragmentação das imagens transmitidas em redes de computadores.

Quando se faz referencia a imagem de vídeo a primeira idéia que surge é da tela de uma televisão, com tamanho normal de média igual a 20 polegadas, no entanto nas considerações sobre sinais de vídeo em redes de computadores está se considerando uma parcela menor da tela que normalmente é utilizado por um software para a reprodução das imagens.

Ao se observar o tamanho do quadro(tela) para a reprodução da imagem, também se está apontando um fator novo que determina uma percepção diferente sobre a qualidade da imagem reproduzida.

As características citadas anteriormente recaem diretamente sobre o processo de avaliação de desempenho das aplicações de vídeo em redes de computadores.

Considerando a revisão destes conceitos e a elucidação sobre os fatores condicionantes dos resultados, serão esclarecidas na próxima sessão algumas das características das alternativas de transmissão dos sinais de áudio e vídeo em redes de computadores.

2.2.5. Alternativas para a transmissão de sinais de áudio e vídeo em redes

Com a evolução das tecnologias ficou notório que os sistemas de transmissão de dados analógicos não contemplariam aplicações mais complexas que exigissem maior fidelidade e rapidez, desta forma, os padrões de transmissão de sinais digitais começaram a aparecer, justificando-se pelas suas características que evidenciam maior eficiência, confiabilidade e economia.

Dentre os padrões emergentes encontra-se a ISDN (Integrated Services Digital Networks) ou mais conhecida como Redes Digitais de Serviços Integrados RDSI (SURUAGY, 1994) que introduziram, como grande inovação, a capacidade de transmissão de sinais de áudio, vídeo e dados sobre um mesmo meio físico. Embora RDSI tenha sido uma ótima alternativa, efetivamente não se consolidou. Em um primeiro plano não se previu a necessidade de estrutura de cabeamento de fibra ótica necessária e, em uma segunda etapa, o processo de concretização dos sistemas tornou a transmissão de dados mais lenta do que era.

Alternativamente ao método da RDSI, surgiram estudos para a aplicação da RDSI-FL, Rede Digital de Serviços Integrados de Faixa Larga que, é importante citar,

embora conceitualmente existam similaridades entre os dois padrões, na prática as interfaces não são compatíveis.

Baseado nas recomendações do CCITT (atual ITU-T), que é o a comissão responsável pelo estabelecimentos de normas e padronização nos sistemas de telecomunicações, aconteceram as atualizações e adaptações para a implementação da RDSI-FL, estas apontavam para o método de transmissão de sinais em células ou pequenos pacotes de tamanho fixo e estruturas definidas, o método de transmissão assíncrono conhecido como ATM (Asynchronous Transfer Mode), este método consiste em células que são transmitidas através de conexões de circuitos virtuais, sendo sua entrega e comutação feitas pela rede, baseando-se na informação de seu cabeçalho. Esta tecnologia se adapta facilmente às exigências de uma grande gama de tipos de tráfego, suportando com isto diferentes tipos de serviços e servindo como suporte a implantação da tecnologia RDSI-FL.

A virtude das Redes de tecnologia ATM reside no fato de possibilitar uma alocação dinâmica para a necessidade de largura de banda de algumas aplicações, isto quer dizer que o uso de tecnologia ATM em redes possibilita por exemplo, utilizar uma via de 10 Mbps para aplicações de áudio e vídeo.

Nesta sessão analisamos o fato de utilizar a tecnologia ATM como determinante para o processo de transmissões de sinais de áudio e vídeo, na sessão seguinte iremos descrever de forma breve os principais conceitos e relacionamentos ATM com este trabalho.

2.3. Tecnologia ATM

2.3.1. Introdução

A tecnologia ATM (Assynchronous Transfer Mode) transporta dados, voz e vídeo na forma de células de tamanho fixo (53 bytes), através de uma rede formada por comutadores (switches), conectados via enlaces de diferentes velocidades. Esta rede é suportada e controlada por meio de protocolos de sinalização, permitindo ao equipamento final requerer uma conexão com as características mais adequadas ao tipo de serviço que se quer fazer uso.

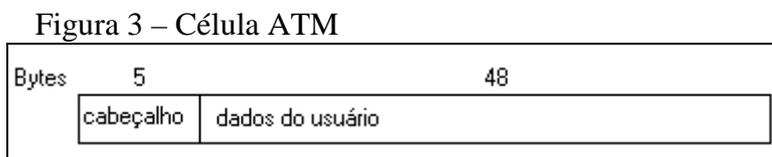
Desde a sua concepção, o ATM foi projetado para integrar voz, vídeo e comunicação de dados através de uma rede única. Embora tenha sido pensado como uma técnica de multiplexação e comutação de alta velocidade para redes públicas, nos últimos anos, ele também começou a ser utilizado como uma tecnologia para redes locais ou corporativas de velocidade elevada. Enquanto parece claro que o ATM é a melhor solução para a integração de serviços multimídia, é necessário considerar o fato de que a grande maioria das redes existentes são baseadas em tecnologias mais antigas (Ethernet, Token Ring, etc.), interconectando-se através de roteadores que rodam protocolos como o IP.

O ATM ou modo de transmissão assíncrono é parte das tecnologias emergentes em redes de computadores, com muitos itens e fatores sendo discutidos para sua padronização final, cita-se o Forum ATM como concentrador das discussões e guia para as aplicações desta tecnologia, nas seções seguintes iremos esclarecer os conceitos e envolvimento desta tecnologia com aplicações de áudio e vídeo.

2.3.2. Princípios

O ATM foi a tecnologia escolhida pelo ITU-T (antigo CCITT) para a integração dos diversos serviços na RDSI-FL (Rede Digital de Serviços Integrados de Faixa Larga), também sendo empregado para redes locais de alta velocidade

No ATM a informação é transmitida através de pequenas células, observe a Fig. 3, de tamanho fixo com 48 bytes de carga e 5 bytes de cabeçalho. O tamanho fixo das células reduz a variação do atraso tornando a rede adequada à integração de tráfego de voz, vídeo e dados, além de permitir a comutação rápida por hardware.



A tecnologia ATM é orientada a conexão, sendo necessário informar aos comutadores intermediários os requisitos de serviço e os parâmetros do tráfego. São

utilizados os identificadores de caminho virtual (VPI) e de canal virtual (VCI) para identificar as conexões.

O conceito básico de ATM é que vários canais virtuais (VC – virtual channel) ou caminhos virtuais (VP – virtual path) podem ser utilizados para vários fluxos de dados. Diversos canais virtuais podem ser estabelecidos sobre um mesmo caminho virtual, e diversos caminhos virtuais podem ser estabelecidos sobre um mesmo circuito físico.

Cada canal ou caminho virtual pode ser mapeado para um caminho específico dentro da rede, tanto estaticamente pela administração da rede quanto dinamicamente através de um protocolo de roteamento, procurando desta forma o melhor caminho de um ponto a outro da rede ATM.

O ATM também é um modo de transferência rápida de pacotes baseada na multiplexação por divisão de tempo, chamado assíncrona que utiliza uma célula de tamanho fixo.

A tecnologia ATM consiste em três camadas (física, ATM, e de adaptação ATM) e nos elementos que os usuários quiserem colocar acima. Para a camada física, o ATM não prescreve um determinado conjunto de regras, apenas afirma que as células ATM podem ser enviadas através de qualquer fio ou fibra, por isto o ATM foi projetado para ser independente do meio de transmissão [Tanenbaum].

A camada ATM trata do transporte das células, da geração e extração do cabeçalho das mesmas, do estabelecimento e liberação de circuitos virtuais, além do controle de congestionamento.

Como, em geral, a maioria das aplicações não trabalha diretamente com as células, foi definida uma camada acima desta, para que os usuários enviem pacotes maiores do que uma célula. Para transportar unidades maiores que 48 bytes, uma camada de adaptação é requerida para fazer a segmentação e remontagem de datagramas da camada superior.

Em redes que utilizam a comutação por circuitos, os recursos físicos são alocados estaticamente, um exemplo é a utilização de slots de tempo específicos em um frame TDM para cada conexão. Durante o estabelecimento da conexão uma rota que liga a fonte ao destino é encontrada, e slots livres ao longo do caminho são alocados para esta nova conexão. Caso a rede não disponha de recursos suficientes (no caso slots)

a chamada é bloqueada. Redes deste tipo são apropriadas para suportar serviços CBR (constant bit rate), com restrições quanto ao retardo e ao jitter que é a variação entre as células enviadas. Entretanto a alocação estatística implica em uma baixa utilização de redes deste tipo quando ela deve suportar tráfego de dados em rajada, neste caso as redes comutadas por pacotes são mais apropriadas.

Nas redes tradicionais de comutação por pacotes os recursos físicos são alocados dinamicamente, em termos de espaço disponível de buffer. Técnicas de feedback ou controle de fluxo por janelas são usadas para assegurar que não haverá "overflow nos buffers".

Em redes ATM a largura de faixa é alocada de forma virtual, um certo grau de serviço deve ser garantido em um contexto probabilístico. Uma estratégia de administração de recursos bem projetada é aquela que faz com que a rede combine vantagens de comutação de circuitos e de pacotes, evitando suas desvantagens, o que vem a ser uma tarefa muito difícil. Por exemplo, a alocação dinâmica da banda produz um retardo variável dos pacotes, consideração a ser feita para serviços sensíveis ao jitter, como a voz, por outro lado, devido à alta velocidade e às longas distâncias mecanismos de controle por janelas resultariam em exigências de tamanho de buffers irreais ou baixa utilização da banda.

2.3.3. Categorias de serviços ATM

No ATM níveis de serviço distintos podem ser solicitados durante o estabelecimento de uma conexão virtual chaveada. Atualmente estão definidas cinco categorias de serviços, descritas a seguir e resumidas na Tabela 2.

Estas categorias de serviço oferecem um método para relacionar as características de tráfego e os requisitos de QoS(Quality of Service) ao comportamento da rede. Funções da rede ATM, tais como estabelecimento de circuitos virtuais e permanentes, controle de conexão e alocação de banda são estruturados de forma diferente para cada categoria. A escolha de uma categoria específica deve ser feita tendo em vista a aplicação.

Tabela 2 – Categorias de serviço ATM

Categoria	Uso Típico	Exemplos
CBR	Tempo real, garantias de QoS	Vídeo conferência, telefonia, aplicações originalmente baseados em voz, áudio e vídeo interativo; pode-se utilizar AAL1 para aplicações de telefonia e voz e AAL5 para aplicações multimídia como fluxo de vídeo compactado.
rt-VBR	Multiplexação estatística, tempo real	Fluxo de vídeo compactado em taxa de bits variável
nrt-VBR	Multiplexação estatística	Interconexão com redes Frame Relay, aplicações multimídia que admite perdas de células sem degradação de qualidade, aplicações transacionais
ABR	Aproveitamento de recurso, controle por feedback	
UBR	Melhor esforço, sem garantias	

Taxa constante de bits (CBR – Constant Bit Rate), esta categoria é utilizada para conexões que transportam tráfego a uma taxa consistente de bits, onde há uma necessidade inerente de sincronização entre a fonte e o destino. A taxa CBR é adequada a qualquer tipo de dado onde os sistemas esperam um tempo de resposta determinístico e uma quantidade de banda permanentemente disponível durante a conexão, a quantidade de banda é caracterizada pela taxa de pico de células.

Taxa variável de bits em tempo real (rt-VBR – Real-Time Variable Bit Rate), utilizada em conexões que transportam dados a uma taxa variável de bits, mas que exigem temporização precisa entre a fonte e destino. Espera-se que as fontes que utilizam esta categoria transmitam a uma taxa variável no tempo, como por exemplo fluxo de dados em rajadas. A quantidade de banda pode ser caracterizada pela taxa de pico de células (PCR), taxa média de células (SCR) e tamanho máximo de rajada (MBS), células que ultrapassem o valor máximo de atraso de transferência da célula (CTD) são caracterizadas pela rede como de pouco valor para a aplicação.

Taxa variável de bits fora do tempo real (nrt-VBR – Non-Real-Time Variable Bit Rate), utilizado em conexões que transportem tráfego a taxas variáveis e que não exijam sincronização entre a fonte e o destino, mas que se possa garantir a capacidade de transmissão ou latência.

Taxa de bits disponível (ABR – Available Bit Rate), similar a nrt-VBR, no sentido de que também admite aplicações que transmitem a uma taxa variável sem exigência de sincronização, mas sem esperar uma garantia da capacidade de transmissão ou latência; fornece um serviço de melhor esforço, no qual o controle de tráfego é utilizado para ajustar a capacidade de transmissão disponível para a fonte de tráfego. A taxa ABR utiliza células do tipo gerenciamento de recurso (RM – resource management) para obter “feedback” que permitirá controlar a fonte de tráfego de acordo com flutuações na disponibilidade de recursos dentro da rede, espera-se que a fonte possa se adaptar em resposta ao “feedback” participando de uma utilização justa dos recursos da rede.

Taxa de bits não especificada (UBR – Unspecified Bit Rate), também similar a nrt-VBR e ABR, mas sem os mecanismos de controle de fluxo que ajustam dinamicamente a quantidade de banda disponível ao usuário, UBR é geralmente utilizado para aplicações bastante tolerantes com atraso e perda de células.

2.3.4. O ATM e suas Aplicações

Planejado para suprir as necessidades de transmissão de sinais de áudio e vídeo a tecnologia ATM demonstra seu maior potencial em aplicações do tipo:

- ensino a distância, tendência mundial, de interesse para várias instituições que atuam nesta área;
- transmissão unidirecional de áudio e vídeo ao vivo: utilizado para transmissão de shows ao vivo, palestras, TV, rádio, monitoramento remoto e outros;
- videoconferência: utilizado para efetuar reuniões ou encontros a distância. Sua principal diferença em relação ao item anterior é que necessita interatividade, demandando uma latência baixa na rede;
- vídeo sob demanda: importante para ensino a distância e em geral, quando um usuário deseja assistir algum evento que já aconteceu e encontra-se gravado num servidor de vídeo, como por exemplo shows, palestras, operações, documentários e outros;
- telemedicina: interesse das entidades que possuem hospital

Inevitavelmente as aplicações tem como característica o tráfego de diferentes serviços que devem ser suportados por uma rede multimídia, como exemplo: videotelefonia ; vídeo-conferência; transferência de dados a alta velocidade; vídeo sob demanda entre outros. Cada um destes serviços pode ser caracterizado por diversos parâmetros, tais como: taxa de chamadas; taxas média e máxima de transmissão; grau de explosividade; duração da chamada e sensibilidade ao atraso ou perda de dados.

Tendo em vista o número de aplicações já mencionadas, pode-se imaginar o quanto elas diferem entre si segundo os parâmetros acima. Comparando o tráfego de aplicações unicamente de voz com o originado pela transferência de dados, tem-se que: enquanto o primeiro pode tolerar um certo grau de degradação (perda de dados), mas é muito sensível a atrasos; o segundo pode tolerar atrasos, mas não perda de informação.

Para exemplificar as exigências em termos de atraso na rede, tome-se como base a implementação de aplicações de vídeo. A transmissão de imagens coloridas (vídeo) em tempo real, tela cheia, codificado em MPEG2(Moving Pictur Experts Group), dependendo do nível de qualidade exigido, requer de 4 a 60 Mbps. Um dos fatores mais importantes para a manutenção da qualidade da imagem neste tipo de aplicação (transmissão de vídeo em tempo real) é o atraso absoluto fim-a-fim. Enquanto atrasos de 200 ms chateiam, aqueles superiores a 400 ms tornam-se insuportáveis. Além do atraso absoluto, a variação do atraso ("jitter") também é um parâmetro importante. Este último não só interfere na qualidade visual, mas também contribui para a irritante falta de sincronização entre o vídeo e o áudio.

Atualmente, apenas a tecnologia ATM garante a banda passante, bem como a qualidade de serviço (QoS) requerida por aplicações de vídeo em tempo real. Além disso, com ela, é possível fazer a multiplexação estatística de muitos tráfegos de vídeo numa só linha.

Realizada a revisão sobre os principais conceitos da tecnologia ATM e como se relacionam com a transmissão de sinais de áudio e vídeo, na sessão seguinte faz-se algumas considerações sobre o processo de avaliação de desempenho.

2.4. Avaliação de Desempenho

O processo de avaliação de desempenho é importante para o trabalho de administração de redes de computadores, quer este processo se desenvolva na parte física ou lógica de uma rede de computadores.

Das várias etapas entre o planejamento e implantação de uma rede, a avaliação de desempenho irá nortear a tomada de decisão em relação ao menor custo e maior desempenho em um sistema computacional.

No caso do projeto RMAV-FL, uma avaliação criteriosa dos resultados que estão sendo obtidos, por exemplo no sub-projeto TV Multicast, possibilitará a tomada de ações corretivas ou a comprovação das expectativas sobre o desempenho desejado.

Para o processo de avaliação de desempenho das aplicações de áudio e vídeo, é interessante analisar o resultado final que as aplicações irão apresentar aos usuários em potencial, pois nesta etapa é que projetos de redes demonstram sua aplicabilidade e passam pelo aval da pessoas relacionadas com o projeto.

Para balizar o processo de avaliação de desempenho é importante considerar o trabalho de algumas instituições de padronização, publicações técnicas sobre o assunto, artigos publicados no meio tecnológico e que caracterizam o comportamento de aplicações de áudio e vídeo.

Neste trabalho o processo de avaliação de desempenho objetiva comprovar, ou não, as impressões subjetivas que podem estar sendo obtidas pelos usuários da rede metropolitana de alta velocidade de Florianópolis.

Paralelo ao processo de avaliação de desempenho será possível confrontar as características da tecnologia envolvida, com o desempenho prático apresentado pela rede de computadores RMAV-FLN.

Descreveu-se nesta sessão os envolvimento do processo de avaliação de desempenho, as confrontações anteriormente citadas serão consideradas pela ótica da metodologia científica, caracterizando e descrevendo no capítulo seguinte a metodologia adotada e os passos que serão seguidos.

3. METODOLOGIA

3.1. Introdução

Neste capítulo será apresentada a metodologia adotada para a avaliação de desempenho das aplicações de áudio e vídeo na RMAV-FL.

O objetivo é apresentar uma metodologia para a execução da avaliação de desempenho, para que fique mais claro os pontos relevantes no processo de avaliação, orientando o trabalho para não incorrer em algum erro que advenha do empirismo.

A metodologia adotada baseia-se nas sugestões de Raj Jain (JAIN, 1994), uma leitura detalhada da obra, *a arte de avaliação de desempenho* deste autor é aconselhado para um melhor entendimento desta metodologia.

3.2. Seleção de uma Técnica de Avaliação

A escolha de uma técnica de avaliação, baseia-se em alguns critérios bastante simples mas de vital importância, estes dizem respeito principalmente ao tempo disponível para os trabalhos e os custos envolvidos, é claro que outros fatores são determinantes como: validação; precisão; aceitabilidade; mas iremos justificar nossa escolha baseado nos custos e tempo disponível para a execução dos trabalhos, veja a tabela 3.

Tabela 3 - Seleção de uma técnica de Avaliação

Critério	Técnica de Avaliação		
	Modelagem Analítica	Simulação	Medição
Custo	Pequeno	Médio	Alto
Tempo	Pequeno	Médio	Variável

Ao analisar-se os fatores que determinam a escolha de uma técnica, pode-se optar por uma delas e fazer algumas considerações.

Como as RMAVS desenvolvem-se em um contexto de mudanças rápidas e vinculadas a restrições impostas pelos projetos, disponibilidades financeiras e seus cronogramas de atividades, os dois critérios acima tornam-se fatores decisivos para a escolha da técnica de avaliação de desempenho.

Considerando-se estas características, parece que os estudos que envolvem a simulação são uma alternativa razoável para o presente trabalho.

Em virtude do que foi exposto anteriormente, os trabalhos de avaliação de desempenho utilizarão ferramentas como o COMNET, que possibilitam uma agilidade maior no processo de modelagem dos sistemas de redes de computadores, mesmo que a obtenção de dados por simulação seja uma realidade, e mesmo impondo-se em relação ao tempo para a realização deste trabalho, consideramos o fato de que trabalhos posteriores deverão ser desenvolvidos com o intuito de medir e confrontar os resultados obtidos na prática, como os obtidos no processo de simulação e modelagem.

3.3. Modelagem

As técnicas de modelagem constituem ferramenta necessária no trabalho de planejamento, não obstante as ferramentas atuais e modernas especializaram-se sobremaneira para aplicações diferenciadas com recursos e aptidões consideráveis. Este é o caso do software COMNET (CACI, 2000) destinado especificamente para a modelagem e simulação de sistemas de redes de computadores.

Não podemos deixar de citar outras ferramentas como o ARENA que também tem finalidade de modelagem e simulação, estes softwares normalmente disponibilizam recursos para tratar com:

- Funções estatísticas e distribuições de probabilidade para a geração dos dados;
- Filas com controle de acesso para gerenciamento do limite de alocação dos recursos;
- Funções para obtenção precisa de resultados estatísticos;
- Características automáticas de filas(Ex: tempo de fila, tamanho da fila, etc...);
- Capacidade gráfica interativa para construção de modelos;
- Um depurador interativo para controle e monitoria da execução da simulação.

Pelas descrições das potencialidades, e em função destas, podemos justificar a escolha de uma destas ferramentas para este trabalho, no entanto cabe salientar que algumas dificuldades são esperadas pois as versões disponíveis para estes softwares são acadêmicas, impondo algumas restrições e limitações na utilização destas ferramentas.

Indiferente a ferramenta que irá ser usada para a modelagem convém citar a possibilidade de também serem desenvolvidos modelos matemáticos utilizando-se de recursos computacionais, talvez não com a mesma riqueza de detalhes mas, obtendo-se os mesmos resultados através da aplicação de técnicas como a Teoria de filas.

3.4. Seleção de Medidas de Desempenho, Métricas

As atividades que se desenvolvem no processo de avaliação baseiam-se nos conceitos citados por Raj Jain, de outra forma as medidas que serão utilizadas neste trabalho dizem respeito em primeiro lugar aos objetivos das aplicações que serão estudadas nos sistemas, isto é, para serviços de transferência de áudio e vídeo é importante estabelecer os tempos mínimos para a transferência de dados nas redes de computadores, em segundo lugar a disponibilidade de obtenção de informações referentes a medições que podem ser proporcionadas pelos “software” de gerenciamento.

Na literatura atual encontramos uma série de indicações precisas sobre quais variáveis influenciam os experimentos desta natureza. Assim como nos diversos seminários e discussões promovidas por entidades relacionadas aos projetos das redes metropolitanas de alta velocidade, evidenciam-se a importância de algumas variáveis como: largura de banda; algoritmo de codificação e número de participantes em uma sessão.

Atualmente muitos órgãos e instituições tem se preocupado em definir métricas para os processos de avaliação de desempenho e planejamento de capacidade, desta forma pretende-se fornecer subsídios para decisões de investimentos em pessoal, equipamentos e aplicações.

Pode-se citar como exemplo e para salientar a importância destes estudos os esforços que estão sendo desenvolvidos para estabelecer métricas para a Internet como; Internet Measurement and Analysis Project (IPMA) da Universidade de Merit;

Cooperative Association for Internet Data Analysis (CAIDA, 2000); e , *IP Performance Metrics (IPPM)* do grupo de trabalho BMWG (Benchmarking Methodology Working Group) do IEEE.

3.5. Projeto Experimental

Relacionado diretamente com a quantidade de fatores e níveis que influenciam os resultados obtidos para análise de avaliação de desempenho, o processo de planejamento de experimentos é importante para estabelecer uma maneira organizada para desenvolver as observações e coleta de dados.

As abordagens para o planejamento de experimentos podem ser feitas de três maneiras:

- simples, prevê a variação entre os níveis de um único fator;
- fatorial completo, utiliza todas as possíveis combinações entre todos os níveis de cada fator;
- fatorial fracionado, usa apenas uma parte das combinações do fatorial completo conforme a relevância de alguns fatores.

Em um primeiro momento procura-se trabalhar com bastante fatores e poucos níveis em uma segunda etapa diminui-se o número de fatores, considerando os mais relevantes e aumenta-se o número de níveis.

Para o planejamento de experimentos pode ser usado um software como o “Statistica” que gera uma planilha com a lista das simulações que devem ser realizadas, cada linha identifica a simulação que deve ser realizada, e cada coluna identifica o fator com seu respectivo nível.

Neste capítulo foi apresentada a metodologia escolhida para o processo de avaliação de desempenho, no próximo capítulo será descrito o estudo de caso que propicia a aplicação prática do método eleito.

4. ESTUDO DE CASO

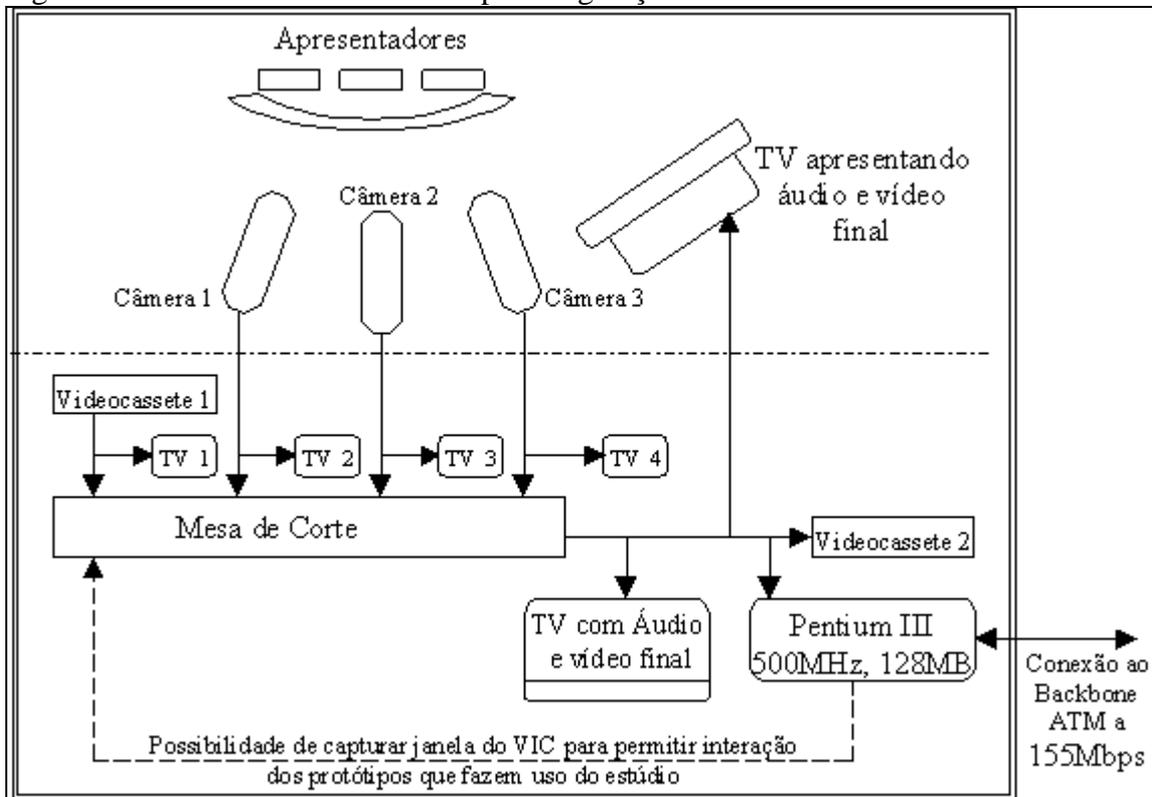
4.1. Introdução

Baseado em informações sobre as estruturas de rede utilizadas nos experimentos da RMAV-FLN, foi montado um cenário que possibilitasse a observação das variações no desempenho do experimento TV Multicast.

Como o projeto tem por objetivo analisar o comportamento de aplicações de áudio e vídeo em redes ATM, descreve-se neste capítulo as estruturas e configurações dos equipamentos que compõe o experimento prático e que serve de base para o desenvolvimento de um modelo que possibilite a utilização de cargas para a avaliação de desempenho.

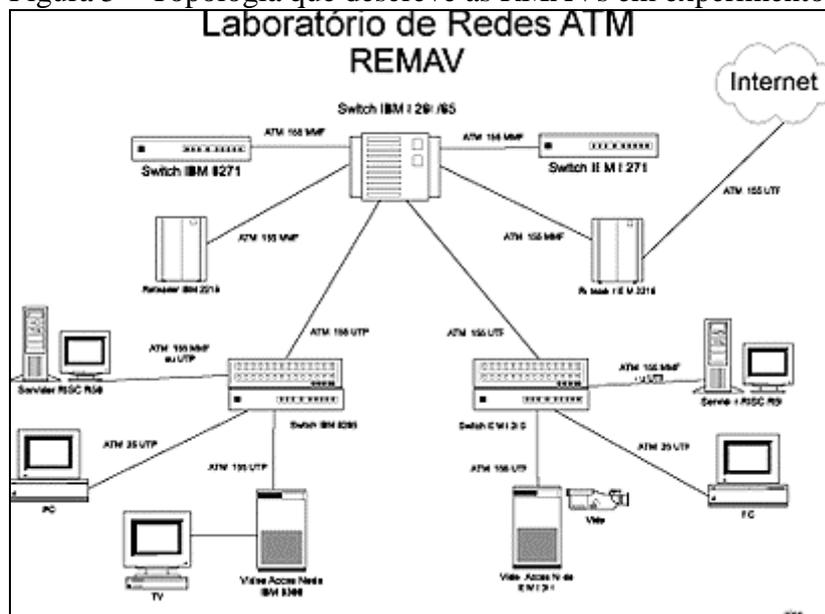
Na Fig. 4 pode-se observar um exemplo prático de como se processam a captura e geração dos sinais de áudio e vídeo para o tráfego em rede de computadores.

Figura 4 – Estrutura de sistema de captura e geração de sinais de áudio e vídeo



Nesta mesma figura, pode-se observar a presença de sistemas sofisticados para a captura dos sinais de vídeo e a conseqüente organização das imagens para a transmissão, no entanto o interesse principal recai sobre os equipamentos de computação que fazem parte do processo e, em primeira análise observa-se a presença de um microcomputador, que funciona como interface entre os sinais gerados e aqueles que efetivamente estarão disponíveis para tráfego na rede, este computador esta fica melhor caracterizado como, PC compatível Pentium III, 500Mhz e 128 MB.

Figura 5 – Topologia que descreve as RMAVs em experimentos TV Multicast



Na Fig. 5, pode-se observar a participação do estúdio do projeto TV Multicast inserido no contexto das RMAVs, a figura ilustra o padrão adotado pelos projetos para o desenvolvimento das redes metropolitanas, este padrão aconselhado não é necessariamente aquele que se encontra na realidade, no entanto descreve e caracteriza para um melhor entendimento, o envolvimento das redes ATM com aplicações multimídia.

Também na Fig. 5 pode-se observar que os sinais de áudio e vídeo partindo de uma camera filmadora, trafegam na rede interfaceados pelo microcomputador que adapta estes sinais para o tráfego na rede, a partir deste ponto os sinais encontram uma rede local do tipo “Ethernet”, esta rede é concentradora e estabelece uma conexão com

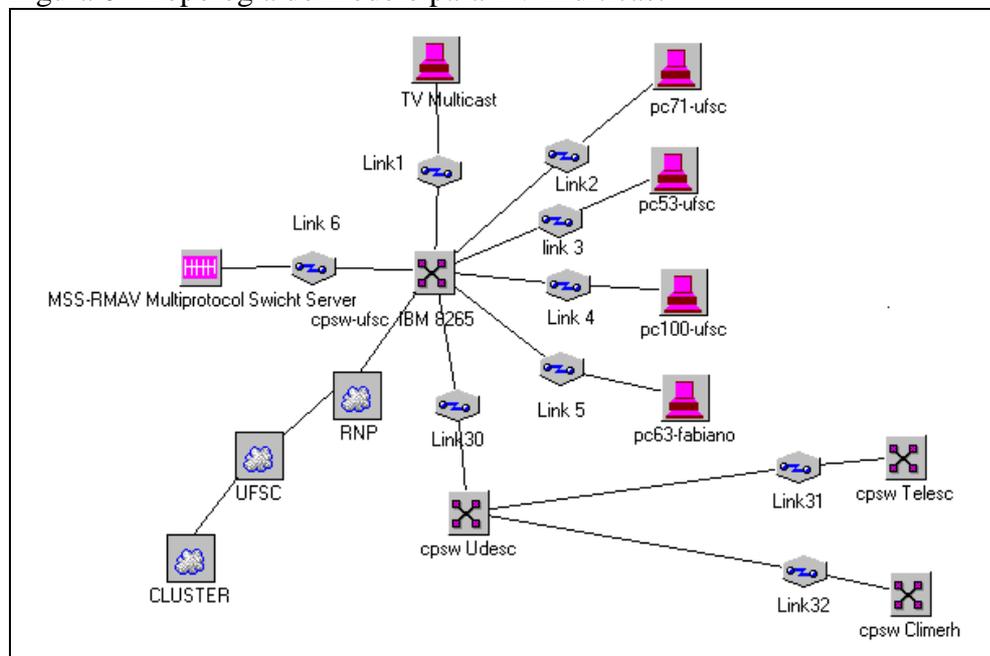
o Swicht IBM 8260 em ATM, possibilitando a partir daí tomar o backbone e os domínios da Internet.

4.2. Ambiente do projeto TV Multicast

Para melhor descrever e definir, o ambiente em que o programa carga será usado neste trabalho, assim como o modelo de simulação que será desenvolvido, ilustra-se na Fig. 6 e cita-se a seguir as configurações dos equipamentos envolvidos no experimento TV Multicast desenvolvido pelo RMAV-FLN.

O sistema para captura e transmissão dos sinais de áudio e vídeo normalmente é composto de: câmeras analógicas que filmam os eventos; uma estação multimídia Pentium III 500MHz que roda o software responsável por receber o sinal, codificar em arquivos e repassar para a rede como sinal de difusão, chamado multicast (no processo multicast os sinais são distribuídos pela rede para que qualquer estação cliente possa capturar e reproduzir os sinais).

Figura 6 - Topologia do modelo para TV Multicast



Na Fig. 6 são ilustradas as conexões dos equipamentos que participam de sessões multicast no contexto da RMAV-FLN, sendo que nestas conexões se encontra o

microcomputador TV Multicast conectando-se diretamente ao swicht ATM – IBM 8265, assim como os microcomputadores clientes que participam dos experimentos atualmente, as conexões dos nós nesta rede, são configuradas a 155Mbs

Os equipamentos utilizados na topologia do RMAV-FLN é formado por switches IBM-8265, as estações que participam dos experimentos possuem placas ATM IBM TurboWays 25Mbps e 155Mbps, comunicando-se pelo protocolo TCP/IP sobre ATM com “Lan Emulation”(LANE).

Na tabela 4 a seguir é feita uma descrição detalhada das configurações dos equipamentos partipantes dos experimentos.

Tabela 4 - Configurações dos Equipamentos de Rede, experimentos TV Multicast

Nome	Equipamento	S.O	Memória	Processador
pc53-ufsc	PC	Win NT	128MB	450MHz
pc65-mario	PC	Windows 98	128MB	450MHz
TV Multicast	PC	Windows 98	128MB	500MHz
pc100-ufsc	PC	Win NT	128MB	500MHz
Pc71-ufsc	PC	Win 95	32MB	166MHz

4.3. Ambiente de Gerenciamento do projeto TV Multicast do RMAV-FLN

Toda atividade de planejamento e implantação de redes de computadores é precedida de estudos desenvolvidos pelo pessoal técnico relacionado com o projeto. Na manutenção e operação destas redes os responsáveis por estas tarefas lançam mão de ferramentas de gerência de rede.

Nesta sessão, descreve-se os envolvimento das ferramentas de gerenciamentos de rede com os experimentos da RMAV-FLN.

No projeto RMAV-FLN o processo de gerenciamento esta se desenvolvendo da seguinte forma(BACHMANN e SARI, 2000):

- obtenção dos valores das interfaces de rede(máquinas, comutadores e roteadores)referentes a, vazão de entrada/saída em Mbps, erros em valores percentuais, descartes e tráfego Ucast/Nucast, dos agentes que implementam a MIBII, e;

- obtenção do valores de sistema das variáveis referentes a, utilização da CPU (%), memória ocupada (%) (KBps), espaço em disco ocupado (%) (KBps), para o monitoramento da redes virtuais nos servidor LANE – BUS, vazão de entrada e tráfego Ucast/Nucast

A tabela 5, descreve-se a situação dos agentes da MIB II, para os diversos sistemas operacionais disponíveis, as RFCs(Request For Comments) são os comentários sobre os padrões adotados encontrados no IETF[IETF], servindo como guia para os procedimentos de monitoramento e controle de redes de computadores usando SNMP.

Tabela 5 - Situação dos Agentes

Objeto Gerenciáveis	MIB II	Extensões
Windows 95	RFC 1156	
Windows 98	RFC 1156	
Windows NT	RFC 1213	
Linux	RFC 1213	ucd-davis: cpu, disco, memória
AIX	RFC 1213	Ibm-nv6000subagent: cpu, disco
Solaris	RFC 1156	
IBM8210-MSS	RFC 1156	
IBM8265-CPSW	RFC 1156	
IBM8271-BS	RFC 1156	RMOM: tráfego multicast
3COM-CB7000	RFC 1156	RMOM: tráfego multicast

4.4. Ferramentas das Aplicações

No contexto da RMAV-FLN existe a possibilidade de obtenção de um número elevado de dados sobre o comportamento da rede, como descrito na seção anterior, no entanto em experimentos específicos como a TV Multicast pode interessar relacionar estes dados com os que descrevem o comportamento dos aplicativos envolvidos, desta forma salientamos as possibilidades oferecidas pelas ferramentas VIC e RAT.

Em particular o VIC (VÍdeo Conference Tool), ferramenta que desperta especial interesse devido a quantidade de dados transmitidos, fornece as seguintes variáveis em cada máquina (agente):

- Largura de banda, em Mbps;
- Frames por segundo (FPS);
- Perda fim a fim, em valores percentuais.

As descrições dos equipamentos e da topologia de rede citados neste capítulo, foram fornecidas pelos profissionais envolvidos no projeto RMAV-FLN, como estes experimentos estão em constante atualização, considere-se neste trabalho o ambiente e contexto como foi descrito.

Assim como as configurações da rede, as funções de gerência e seus procedimentos são constantemente atualizados, no entanto estas alterações não limitam as atividades deste trabalho e sim interagem na forma de buscar um melhor resultado em prol dos objetivos que identificam as aplicações, especificamente a transmissão de sinais de áudio vídeo.

Neste capítulo, pode-se visualizar a situação concreta da rede RMAV-FLN, as considerações sobre as operações de gerência e as ferramentas que são utilizadas nos experimentos TV multicast, maiores referências e atualizações podem ser obtidas diretamente no site mantido pelo projeto[RMAV].

Na sessão seguinte, descreve-se a caracterização dos experimentos pelas cargas que estão sendo utilizadas e que fornecem subsídios para os processos de simulação.

4.5. Cargas no Sistema

Na prática o programa carga ou a carga propriamente dita, serve para avaliar o comportamento do sistema perante determinada situação, procura-se com este objetivo estabelecer um relacionamento mais próximo possível desta carga com as atividades reais do sistema.

Este trabalho, basea-se em dados e experimentos realizados pelo RMAV-FLN, uma caracterização da carga nos sistemas de transmissão de sinais de áudio e vídeo é melhor representada se for usado os padrões de imagens compactados como MPEG, com este objetivo se descreve a seguir as características deste padrão e define-se a carga que foi utilizada no modelo para simular o comportamento do sistema ATM em transmissões TV Multicast.

Convém salientar que o padrão MPEG é referenciado em função do caráter das aplicações de TV Multicast, pois não se tratam de aplicações críticas como seria o caso das aplicações em Telemedicina que necessitariam do algoritmo de compactação MJPEG(MJPEG é, na realidade, uma adaptação do padrão de compressão para imagens estáticas JPEG [ITU93], nesta técnica, cada quadro é comprimido individualmente através do padrão JPEG).

Nesta proposta de trabalho o cenário é definido para a transmissão de Vídeo de qualidade TV, CBR, em redes com comutação de circuito e sem correção de erros.

Um vídeo de qualidade de TV deve apresentar uma resolução espacial de, no mínimo, 320x240 e resolução temporal de 30 quadros por segundo. Desta feita, a taxa gerada por um vídeo com estas características já é bastante alta, mesmo empregando-se uma codificação para vídeo bastante eficiente. A tabela 6, mostra algumas das taxas de vídeo comprimido geradas.

Tabela 6 – Qualidades de vídeo usadas em TV

Jornalismo	entre 18 e 25 Mbps (MPEG-2 4:2:2 MP/ML)
Produção	>50 Mbps (MJPEG)
Distribuição	8 Mbps (MPEG-2 MP/ML)

Utiliza-se como base o que foi descrito anteriormente pode-se fazer uma análise sobre as características dos experimentos que estão sendo realizados no RMAV-FLN, que são definidos da seguinte forma:

Um sinal analógico de vídeo composto, é aplicado à entrada de uma placa de captura, baseada no chipset BT484 (tecnologia que possibilita a transformação de sinais analógicos em sinais digitais). Utilizando-se o VIC 2.8UC14 e o RAT 3.0.35, obtém-se resultados da ordem de 20 a 30fps utilizando 16bpp e padrão de apresentação CIF

(tamanho normal de janela no monitor do microcomputador com resolução de 352X288 pixels), sintonizando uma estação de TV local (BACKMAN, 1999).

De posse destas informações, experimentos estão sendo projetados e a expectativa é utilizar a rede para transmitir imagens de vídeo MPEG-2 qualidade TV (de 8 a 15 Mbps). Sobre a camada AAL5 dos receptores dos pontos terminais do enlace multicast, tanto na UFSC quanto na UDESC, sendo que os algoritmos de sincronização é que são responsáveis por tornar possível o tráfego de vídeo.

De forma que podemos considerar como carga para o sistema, aplicações que gerem demanda em torno de 15 Mbps, padrão de vídeo MPEG-2.

Na próxima sessão, define-se as métricas a serem consideradas no processo de avaliação de desempenho.

4.6. Especificação das Métricas

Pelas considerações feitas na descrição da metodologia, nesta etapa, pretende-se definir as métricas que possibilitem comparações e análise sobre o desempenho do sistema.

Consideramos inicialmente quatro variáveis a serem mensuradas para a avaliação de desempenho, estas estão apresentadas na tabela 7.

Tabela 7 - Métricas a serem observadas

Percentual de Ocupação CPU	%
Largura de Banda Utilizada	Kbps
Taxa Frame apresentado/segundo	Fps
Perda de Sinal	%

Percentual de Ocupação da CPU – tempo que os diversos microcomputadores, individualmente, levam para processar as imagens de vídeo que estão sendo recebidas, considera-se neste tempo o processo de descompactação, e apresentação na tela, desprezando-se no entanto a memória utilizada nestas atividades.

Neste processo distinguem-se com diferentes potenciais os microcomputadores equipados com processadores Intel de 166 a 500 Mhz.

Largura de Banda Utilizada - nas aplicações atuais em redes com tecnologia ATM, considera-se o fato de ter uma grande disponibilidade de banda para a transmissão de dados, de outra forma sabe-se sobre o alto nível de exigência das aplicações de áudio e vídeo, considera-se desta forma o valor em Kbps que represente a real ocupação e de indícios sobre o potencial de utilização do canal de rede.

Taxa Frame apresentado por segundo – O valor para esta métrica apresenta o resultado real que uma aplicação de vídeo irá resultar, baseado no fato de já sabermos o padrão mínimo e nos resultados esperados para esta métrica pode-se estimar as condições de qualidade e eficiência no processo de transmissão de vídeo na rede.

Perda de sinal – ao considerar-se este valor, esta se tentando predizer com que segurança pode-se esperar a apresentação de um sinal de vídeo, considerando o fato de que o sinal seja transmitido por uma rede, e em função disso possa perder sua integridade.

4.7. Definição de fatores e parâmetros

Pode-se citar um número bastante alto de fatores que envolvem um processo de transmissão de áudio e vídeo em redes, no entanto basta se restringir aqueles considerados relevantes nos experimentos TV Multicast da RMAV-FLN, isto porque em algumas avaliações já desenvolvidas (BACHMANN, 2000), ficaram evidenciadas a importância de alguns fatores.

Considera-se para tanto os seguintes fatores:

- **tipos de aplicativos**

Para que se desenvolva uma sessão de transferência de áudio e vídeo é necessário um conjunto de ferramentas, do ponto de vista lógico, precisa-se aplicativos que possam gerenciar os processos de compactação, descompactação, endereço de destino, apresentação e outros se houverem e se, fizerem-se necessários.

Nem todos aplicativos tem recursos complexos, isto determina diretamente sobre o tempo de processamento que usuários finais irão necessitar para o

acompanhamento de sessões de áudio e vídeo, desconsiderando nestes casos, os níveis de qualidade.

- **Equipamento do usuário final**

Entende-se por usuário final, aquele host que conectado a rede, deseja participar de uma sessão Multicast.

Tratando-se de transmissão de sinais de áudio e vídeo, como TV Multicast, o equipamento que um usuário em potencial utiliza, determina sobre maneira a qualidade de reprodução que um aplicativo irá apresentar.

Primordialmente em aplicações multimídia estes fatores são determinantes, mas sabe-se que na prática para muitos outros processos, diferenças de equipamentos determinam resultados bastante distintos.

- **tipo de rede**

Ao analisar-se uma aplicação em rede local, pode-se desconsiderar uma série de variáveis que intervêm no processamento, do contrário ao se considerar uma rede metropolitana ou de qualquer dimensão maior, deve-se ater para o fato de estar contribuindo para resultados diferenciados.

- **Configuração dos aplicativos**

Dentre os aplicativos que são utilizados para a apresentação de sessões multicast, existem algumas diferenças quanto a apresentação das informações, estas se referem, particularmente ao vídeo, como é reproduzido na tela do microcomputador, observa-se em função destas variações resultados distintos em relação as expectativas dos usuários e a proposta inicial de transmissão de sinais de áudio e vídeo.

Aos fatores anteriormente citados, pode-se considerar alguns níveis para o projeto experimental, como é demonstrado na tabela 8.

Tabela 8 – Fatores e níveis para os experimentos

FATOR	NÍVEL		
Aplicativo	VIC	RAT	REAL
Hardware	Pentium 200	Pentium 300	Pentium 500
Tipo rede	local	local/metropolitana	
Configuração Aplicativo	Janela Reduzida	Janela Normal	Tela Cheia

Definindo os fatores e os níveis que serão utilizados, pode-se desenvolver o projeto para os experimentos, delineando os processo de simulação que serão necessários para a obtenção dos dados para análise, este assunto será abordado na próxima sessão.

4.8. Planejamento e realização dos experimentos

Para realizar o trabalho de pesquisa de acordo com a metodologia adotada, foi necessário a elaboração do projeto experimental para os fatores e níveis propostos.

Considerando-se que neste trabalho os fatores identificados como determinantes nos resultados de desempenho, possuem poucos níveis de variação, optou-se por realizar o planejamento para fatorial completo.

Os fatores considerados foram:

- tipos de aplicativos utilizado na reprodução de sessões de áudio e vídeo, vic, rat, real
- hardware encontrado nos sistemas finais de baixo e alto desempenho
- tipo de rede percorrida, local ou metropolitana.
- configuração dos aplicativos considerando-se apresentação distinta na tela; modo normal, reduzido e tela cheia.

Pode-se observar então que ao determinar-se três fatores com três níveis distintos e um fator com dois níveis tem-se, $3 \times 3 \times 3 \times 2 = 54$, ou seja, para cada combinação de fatores se tem uma simulação, sendo 54 combinações possíveis, teremos 54 replicações ou simulações para a obtenção dos dados que irão compor as planilhas para análise estatística.

4.9. Modelos para simulação

Com o objetivo de desenvolver um modelo para simulação, foi utilizado o software COMNET III, disponível na versão acadêmica, com algumas restrições ao uso mas atendendo perfeitamente as necessidades deste trabalho.

O modelo que foi desenvolvido foi concebido pelas facilidades que o programa disponibiliza tais como:

- interface gráfica com ícones que identificam e demonstram de maneira clara a topologia de rede de computadores;
- parâmetros para a configuração dos principais equipamentos componentes da rede, condizente com informações dos fabricantes;
- possibilidade da geração de resultados impressos e ou exportáveis para análises estatísticas;
- acompanhamento visual do comportamento de redes em situação real, baseado nas informações de configuração;
- possibilidade de modificação de parâmetros e obtenção de resultados diferenciados de maneira rápida e ágil para comparação.

O Modelo que foi utilizado para a simulação considerou a participação dos principais equipamentos envolvidos nos experimentos TV Multicast, as configurações dos equipamentos foram consideradas pela sua individualidade, pela identificação dos equipamentos dentro da biblioteca de fabricantes disponíveis dentro do programa COMNET, observa-se na Fig. 7 como esta biblioteca se apresenta e descreve as características dos equipamentos que em alguns casos podem ser até modificadas para refletir melhor a realidade.

Pode-se observar na Fig. 8, a interface que possibilitou a simulação para a obtenção dos resultados.

No processo de configuração do modelo algumas configurações como capacidade dos comutadores foram mantidas originais pelas características fornecidas pelos fabricantes.

Na caracterização das aplicações e programa carga para efeitos de simulação foram utilizados os parâmetros apresentados pelos experimentos práticos monitorados nos experimentos do RMAV-FLN.

Figura 7 – Configurações padrões para equipamentos comerciais

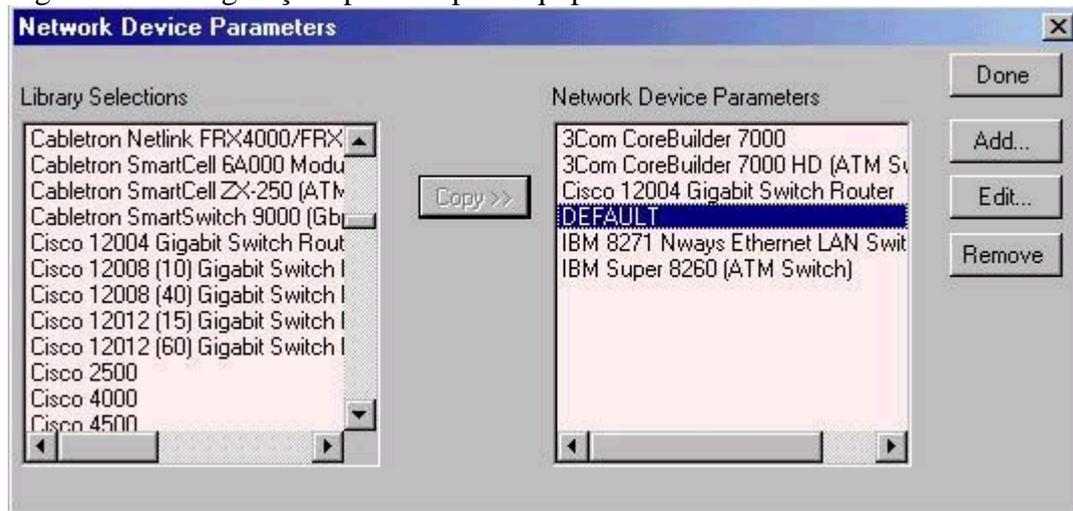
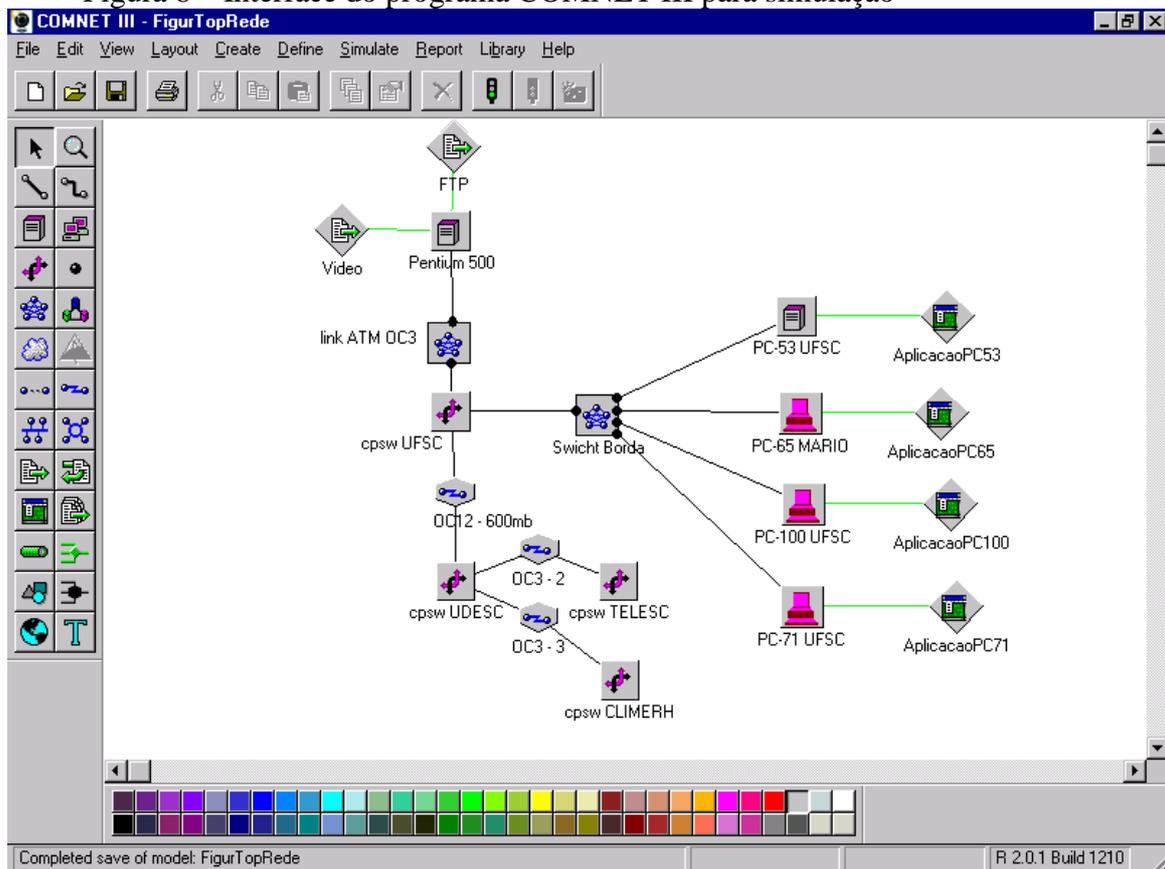


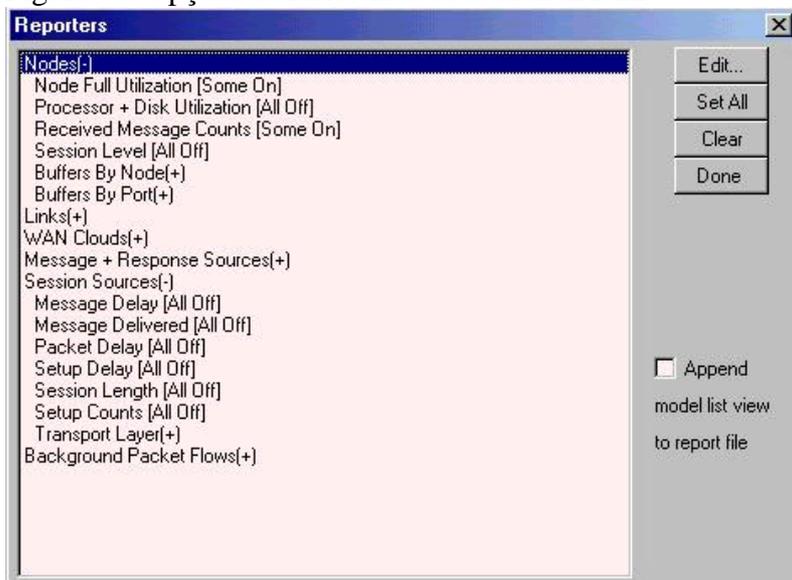
Figura 8 – Interface do programa COMNET III para simulação



Para a emissão dos relatórios que possibilitassem análises sobre os valores referentes a ocupação dos canais da rede, número de mensagens, pacotes, sessões de

áudio e vídeo estabelecidos, foram configuradas requisições de relatórios pelas opções disponíveis no programa que referem-se a estatísticas e relatórios, na Fig. 9, pode-se observar o contexto das opções que podem gerar relatórios com este objetivo.

Figura 9 – Opções de Relatórios do COMNET III



No anexo 1 encontra-se detalhada a configuração que foi utilizada para a aplicação de vídeo na rede simulada e no anexo 2, os relatórios gerados nas replicações com as configurações consideradas e os parâmetros propostos pelo projeto experimental.

Neste capítulo analisou-se o caso específico das aplicações TV Multicast na REMAV-FLN, este exemplo prático é importante para a consolidação dos trabalhos realizados.

No próximo capítulo se fará uma análise detalhada, considerando os dados oriundos dos experimentos simulados e os experimentos relatados na RMAV-FLN.

5. ANALISE DOS RESULTADOS

5.1. Introdução

Neste capítulo descreve-se alguns dos resultados que foram obtidos com os modelos desenvolvidos para simulação, estes resultados permitem algumas conclusões em relação as métricas observadas.

O conjunto das simulações que foram realizadas, tiveram como condicionante os níveis de cada um dos fatores mencionados no capítulo quatro, desta maneira foi possível fazer algumas interpretações sobre o comportamento e influência destes fatores.

Apresenta-se nas seções que seguem as estatísticas básicas para uma primeira interpretação dos resultados.

5.2. Estatísticas Básicas

A adoção do software COMNET para a modelagem e simulação possibilitou observações básicas sobre o comportamento do sistema no uso das cargas propostas.

Desta forma foi possível fazer algumas considerações sobre as primeiras observações que consideraram os valores médios, mínimos e máximos para as métricas; ocupação da CPU, utilização do canal, perda de sinal, frames recebidos por segundo, observe na tabela 9, os valores médios para as simulações realizadas.

Tabela 9 – Resultado das simulações

Métricas	Valor médio em 54 simulações		
	Média	Min	Max
utilização CPU	85%	70	100
utilização canal	1000Kbps	500Kbps	1500Kbps
perda sinal	0,25%	0%	0,5%
frames/segundo	20Fps	10Fps	30Fps

Ao analisar-se os resultados pode-se fazer algumas considerações no que se refere ao potencial de utilização das redes ATM para aplicações de áudio e vídeo.

Como os valores referentes a ocupação do canal foram relativamente pequenos, média de 1Mbs, dos 155Mbs disponíveis nessas redes, supondo-se que o fator rede não opõe restrições a este tipo de aplicação.

Partes do sinal não conseguiram alcançar o destino, no entanto os valores foram tão baixos que o percentual apresentou-se praticamente nulo, dando a entender que só por algum motivo extraordinário teríamos insucesso em uma sessão TV Multicast.

Considerando-se o número mínimo para a apresentação de uma imagem de vídeo com qualidade, que gira em torno de 30 Fps, e é o que distingue imagem de boa qualidade para um espectador, pode-se dizer que na média de 20 Fps as aplicações são viáveis não garantindo a qualidade final.

Por fim ao analisar-se o fator ocupação da CPU, sobressaltam-se os valores indicando que este é consideravelmente um fator condicionante para a obtenção de bons resultados em um processo de aplicação de áudio e vídeo em redes de alta velocidade.

Confrontando-se os valores encontrados nos experimentos que foram simulados com os experimentos realizados pelo RMAV-FLN algumas observações podem ser apresentadas.

Releva-se o fato de, nos experimentos monitorados pelo RMAV-FLN, uma série de variáveis manterem-se constantes, variáveis estas que poderiam constituir-se em fatores condicionantes dos resultados finais.

Para um mesmo conjunto de fatores analisados neste trabalho obteve-se os seguintes resultados veja na tabela 10.

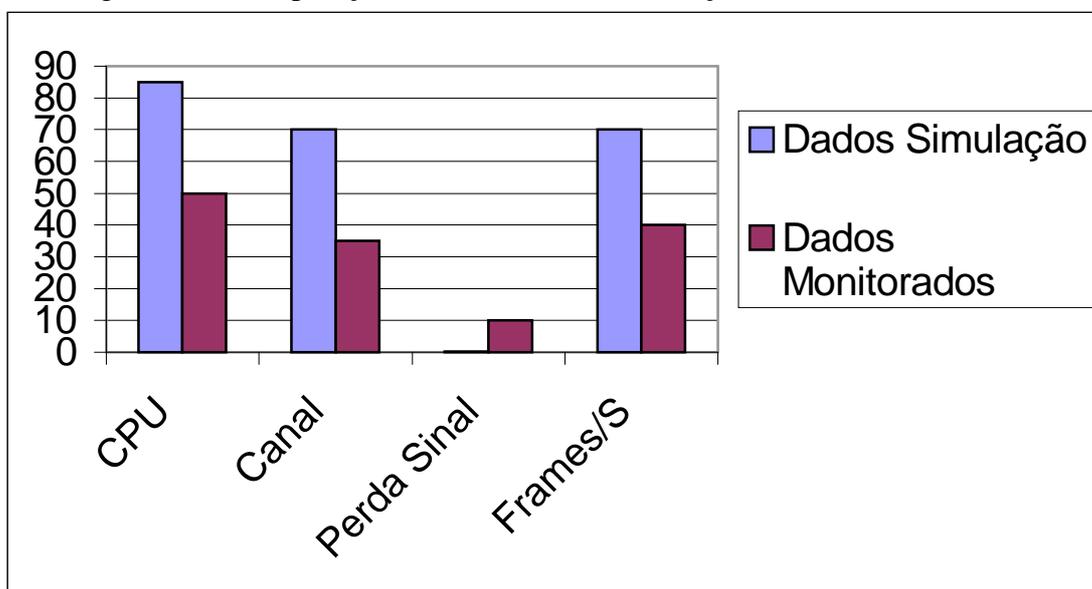
Tabela 10 – Resultado dos experimentos monitorados

Métricas	Valor médio em 36 simulações		
	Média	Min	Max
utilização CPU	50%	00	100
utilização canal	500Kbps	0Kbps	1000Kbps
perda sinal	10%	0%	20%
frames/segundo	13Fps	6Fps	20Fps

Os valores apresentados na tabela 10 foram obtidos nas interfaces dos processos envolvidos nos experimentos [BACHMANN00], no caso da simulação, pelos relatórios gerados no software de modelagem.

Para efeitos de comparação entre os dados que foram obtidos na simulação e os que estão sendo obtidos nos experimentos monitorados no RMAV-FLN, apresenta-se na Fig. 10, um comparativo entre estes valores, da mesma forma como se evidenciam as diferenças nos valores, se evidenciam as diferenças entre as métricas analisadas, observar que os valores estão representados em percentual.

Figura 10 – Comparação entre valores da Simulação e Monitorados.



5.3. Análise de Variância

O objetivo da análise de variância é verificar o relacionamento entre os valores médios das métricas observadas.

Determinados os valores para as hipóteses dos testes de variância, é feito um estudo pelos resultados apresentados, neste trabalho estes cálculos foram feitos pelo software “Statistica”, sendo que os resultados são apresentados de forma resumida e com as interpretações possíveis.

Para as métricas consideradas, a que mais nos interessou foi a que determinava, o sucesso de uma aplicação de áudio e vídeo, sob o ponto de vista do espectador, esta

métrica é representada pela variável frames por segundo (Fps), pois considera-se conhecidos os valores mínimos e necessários para o sucesso das aplicações.

Para a análise de variância considera-se um nível de significância igual a 0,01 os resultados podem ser observar na tabela 11.

Tabela 11 – Teste F para a variável frame/segundo

FATOR	<i>Fobs</i>	<i>p</i>
Aplicativo	0,05823	0,89752
Hardware	0,04857	0,78542
Tipo rede	52,0023	0,00025
Configuração Aplicativo	0,78211	0,88489

Ao interpretar-se os resultados pode-se observar que os valores de *p* para os fatores, Aplicativo, hardware, Configuração do Aplicativo, apresentam resultados superiores a 0,01, desta forma pode-se afirmar que existem diferenças nas médias de frames/segundo para variações nestes fatores para o nível de significância adotado.

Do contrário, os valores das diferenças, para os desvios padrões do fator rede é pouca ou nenhuma, o mesmo comportamento se apresentou para as demais métricas quando considerados os fatores de maior influência.

Deve-se considerar também que os valores apresentados neste trabalho, constituem-se índices bastante claros sobre o comportamento da rede ATM da UFSC com aplicações de áudio e vídeo, de outra forma para a consideração de outras variáveis ou um grupo maior de fatores outras análises se fazem necessárias.

Pelo fato dos valores apresentados terem bastante semelhança, o tratamento que foi dado aos resultados observados foi para salientar os números e facilitar as interpretações.

Tanto nos experimentos simulados como nos experimentos monitorados algumas conclusões são possíveis, estas conclusões são exposta no próximo capítulo.

6. COMENTÁRIOS FINAIS

6.1. Introdução

Entre os capítulos descritos neste trabalho, este em particular apresenta os resultados do processo de avaliação de desempenho, contribuindo para um possível processo de tomada de decisão que eventualmente possam existir .

Os objetivos inicialmente projetados são comentados e algumas considerações são feitas com o intuito de abrir novas possibilidades de estudo, assim na próxima sessão analisa-se as conclusões em relação a cada objetivo proposto.

6.2. Conclusões

Ao considerar todos os fatores que podem influenciar o desempenho de aplicações de áudio e vídeo em uma rede de computadores, abre-se um leque muito grande de possibilidades, ao desenvolver-se um estudo metódico que leve a algumas considerações preliminares, pode-se concentrar as análises em um conjunto mais restrito de fatores.

Identificados os fatores que poderiam gerar maior influência no desempenho das aplicações, pode-se analisar suas variações em diversos níveis, e nestas observações chegar a algumas conclusões.

Para o sub-projeto TV Multicast, dentro da RMAV-FLN, concluindo-se que as aplicações dependem do desempenho da CPU (hardware) do usuário final, no host que recebe e participa de sessões multicast.

Os demais fatores analisados em seus níveis como; aplicativo e configuração da janela do aplicativo, podem determinar algumas variações, no entanto seria necessário uma análise mais detalhada para maiores conclusões pois para estes fatores temos que considerar também o desempenho dos sistemas operacionais dos equipamentos. Quanto ao fator rede, pouca ou nenhuma influência determinou sobre o resultado final das aplicações de áudio e vídeo.

As conclusões assim interpretadas podem orientar a tomada de decisões, para o nosso estudo de caso em questão por exemplo, pode-se considerar a necessidade de

utilizar, pelo menos, microcomputadores com processador de 300Mhz nos usuários finais, o que possibilitaria condições mais aceitáveis para o sucesso de aplicações multimídia em rede ATM.

Da forma como foi desenvolvido este trabalho pode-se dizer por fim, que as redes com tecnologia ATM, possibilitam a realização de aplicações multimídia sem nenhuma restrição.

6.3. Limitações do Trabalho

De forma geral as limitações dos trabalhos acadêmicos se restringem ao binômio tempo e dinheiro, não se poderia desprezar estes fatores tão determinantes como limitações para este trabalho, no entanto é interessante destacar fatos que diretamente afetaram os resultados e que indiretamente estão relacionados com os fatores descritos anteriormente.

Como a proposta inicial de trabalho delineou-se pelo fato da possibilidade real, de ter um campo experimental prático, proporcionado pelo projeto Redes Metropolitana de Alta Velocidade de Florianópolis, para o início dos trabalhos era necessário obter informações e acesso a questões e ou equipamentos que estavam e estão relacionados com este projeto. No entanto o que se configurou foi uma seqüência de contratempos que incluíram desde o atraso da liberação de verbas para aquisição de equipamentos e implantação da referida rede, por parte dos órgãos financiadores e até a indisponibilidade e falta de tempo das pessoas envolvidas diretamente no projeto para fornecer subsídios sobre os trabalhos que seriam ou foram desenvolvidos.

Na ordem dos fatores materiais que dificultaram a execução dos trabalhos, considere-se o fato de as universidades brasileiras estarem desconstituindo-se gradualmente, e sobre as conseqüência destes efeitos a falta de recursos para a aquisição e implantação de programas ou sistemas de computador que sirvam como ferramenta para trabalhos de pesquisa, o que especificamente ocorreu com a dificuldade em obter uma cópia do software de simulação COMNET, que só foi possível graças a uma versão acadêmica instalada e operada de forma provisória para suprir uma necessidade emergencial.

Caracterizam-se também no campo dos recursos materiais as dificuldades que departamentos e laboratórios, como é o caso da Pós Graduação em Ciência da Computação da UFSC, tem para disponibilizar materiais que são imprescindíveis para trabalhos de pesquisa na área de computação como microcomputadores, salas de estudo, material para impressão, programas aplicativos e outros.

No escopo do trabalho encontram-se divergências que advém das tecnologias envolvidas com o objeto de estudo, isto em função da constante atualização destas tecnologias, a descoberta e implementação de novas metodologias o que restringe algumas aplicações e torna inconsistente algumas conclusões.

Não fosse o fato de trabalharmos hoje em dia, com uma gama muito grande de variáveis no processo de implementação de redes de computadores, teríamos resultados mais palpáveis em experimentos que objetivassem a descoberta ou estabelecimentos de procedimentos para avaliação de desempenho de sistemas computacionais, no entanto considera-se algumas das variáveis que inferem nos resultados finais relevantes, mas que no entanto podem limitar os resultados apresentados por trabalhos desta natureza.

Finalmente em função do tempo que envolve os trabalhos preliminares e a análise dos resultados em trabalhos desta natureza, deve-se considerar o fato de reavaliar alguns procedimentos ou validar alguns dos levantamentos em situações futuras para que possam se confirmar algumas das conclusões descritas.

6.4. Indicação para trabalhos futuros

Neste trabalho foram referenciados alguns dos trabalhos já desenvolvidos que contribuíram para o fornecimentos de subsídios para a consecução destes estudos, como as medições realizadas em, *Avaliação de Desempenho do Serviço Lane sobre ATM* [Melo] e as definições de tráfego de vídeo e voz em redes em “ *Using Comnet III Simulations to Model Video Traffic and Analyze Multiplexing Performance In Na ATM Network* “ [Olabe]. Não obstante alguns padrões ainda estão para serem desenvolvidos o próprio Forum ATM disponibiliza discussões com este objetivo.

Desta forma pode-se considerar a possibilidade de alguns trabalhos futuros, que possam por exemplo, estabelecer padrões mínimos de carga que possam ser utilizados em redes de tecnologia ATM para validar aplicações de áudio e vídeo.

Outra possibilidade bastante importante é definir o desempenho dos protocolos na transmissão de áudio e vídeo enquanto neste estudo foram considerados o ATM sobre protocolo IP, comparativamente se faz necessário confrontar outras possibilidades que representem as características das redes atuais.

Como na área de áudio e vídeo a tecnologia de redes esta começando sua expansão, trabalhos correlatos e que explorem aplicações de áudio e vídeo podem viabilizar e elucidar sobre o desempenho dos aplicativos utilizados para a comunicação neste meio.

Considerando o contexto em que se inserem projetos como as redes metropolitanas de alta velocidade uma seqüência natural são os trabalhos que deverão ser desenvolvidos para justificar a possibilidade de um backbone nacional de redes de alta velocidade.

Muitas são as possibilidades de trabalhos que podem contribuir para o desenvolvimento da tecnologia de transmissão de sinais de áudio e vídeo em redes com tecnologia ATM, por se tratar de um padrão emergente e já consolidado como opção viável como meio de comunicação multimídia, as contribuições de trabalhos que comprovem determinados padrões ou que criem novas possibilidades são uma necessidade real.

REFERÊNCIAS

- [RAT] Ferramentas para sessões multicast em redes. Robust Audio Tool. Disponível em: <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software>, acesso em dezembro de 2000.
- [MARTINS 99] MARTINS, J. **Qualidade de Serviço em Redes IP – Princípios básicos, Parâmetros e Mecanismos**. ITELCON - JSMNet Networking Reviews – Vol. 1 – Nº 1, Setembro de 1999.
- [GIACOMANTONIO] Giacomantonio, Marcello. **Os Meios Audiovisuais**. Ed Livraria Martins Fortes. São Paulo, 1990.
- [GATES] Gates, Bill. **A estrada do Futuro**. Ed Companhia da letras, São Paulo. 1995
- [MAGLARIS] B. Maglaris, D; Anastassiou, P. Sem; G. Karlsson and J. Robbins. "Performance models of statistical multiplexing in packet video communications ". IEEE Trans. on Commun. vol 36 pags 834-844, july 1988.
- [BACHMANN00] Bachmann, Fabiano e Martins, Ivan L., **Avaliação da TV Multicast da RMAV-FLN**. NURCAD/UFSC: Florianópolis, 2000.
- [BACHMANN99] Bachmann, Fabiano e Martins, Ivan L., **Testes e Protótipos Multicast da RMAV-FLN**. NURCAD/UFSC: Florianópolis, 1999.
- [BACHMANN E SARI] Bachmann, Fabiano e Sari, Solange, **Avaliação de Experimentos Multicast**. Disponível em: <http://www2.rmav-fln.ufsc.br/desempenho/multicast/definicao.html>, acesso em novembro de 2000.
- [CABLETRON] Cabletron Systems. **LAN Emulation and Multi-Protocol Over ATM**. Documento disponível em <http://www.cabletron.com/white-papers/atm/lan-emulation.html>, acesso em novembro de 2000.
- [CACI] Modeling and Simulation Solutions. documentos e software demonstrativo disponível em: <http://www.caciasl.com>, acesso em 10 de fevereiro 2000.
- [CAIDA] Measuring the Internet. **cooperative association for internet data analysis**. disponível em: <http://www.caida.org/> , acesso em fev de 2000.
- [COMER 1998] Comer, Douglas E. **Interligação em Redes com TCP/IP**. Rio de Janeiro: Campus , 1998.
- [CYCLOPS] Projeto de software para busca em imagens médicas. Projeto Cyclops. disponível em : <http://www.inf.ufsc.br/cyclops/>. Acesso em julho de 2000.

[MULTIMEDIA] Designing Internetworks for Multimedia, disponível em : <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/idg4/nd2013.htm#38529>, acessado em outubro de 2000

[ROESLER] Roesler, Valter. Transmissão Multimídia em redes de computadores: um relato para redes locais e Internet2. Disponível em: <http://www.rnp.br/workshop-mp2/artigos/MPEG2.pdf>, acessado em outubro de 2000.

[DIAGLE E LANGFORD] Diagle, J. N. e; Langford, J.D. **Models for Analysis of packet Voice Communication Systems**. IEEE Journal on Selected Areas in Communications: vol 6, set 1986.

[FONSECA] Fonseca, Nelson L. S.. **Uma Introdução à Arquitetura de Redes ATM e aos seus Mecanismos de Controle de Tráfego**: Curso apresentado na XIV Jornada de Atualização em Informática no XV Congresso da SBCC em Canela-RS. Porto Alegre: UFRGS 1995.

[IPMI-IP] State of the art IP Multicast: IP Multicast Initiative: disponível em: <http://www.ipmulticast.com>, acesso em julho de 2000.

[ITU93] ITU-T **Recommendation T.81**. “Joint Photographic Experts Group”, 1993.

[MBONE] Trabalho sobre IP Multicast no Brasil: Mbone Brasil: disponível em: <http://www.mbone.br>: acesso em julho de 2000.

[MCGLOGHIE AND ROSE 1991] McGloghie, K.; Rose, M. T. **Management Information Base for Network management of TCP/IP-based Internets: MIB-II**, RFC 1213. Março 1991.

[MENDES 1996] Mendes, Jorge Roberto Mendes Filho. **Modelos de Fontes de Tráfego para RDSI-FL**. COPPE/UFRJ 1996.

[MELO] Melo, Edison; Sari, Solange; Siqueira, Walter. **Avaliação de Desempenho do Serviço Lane sobre ATM**. Artigo Apresentado II Workshop dos consórcios REMAV Redes Metropolitanas de Alta Velocidade da RNP.

[OLABE] Olabe, M. A.; Ferro, A.; Espinosa, K.. **Using Comnet III Simulations to Model Video Traffic and Analyze Multiplexing Performance In Na ATM Network**, Department of Electronics and Telecommunications: University of The Basque Country. E.T.S.I.I. y I.T. Bilbao, Spain.

[ROSE AND MCGLOGHIE 1990] Rose, M. T.; McCloghie, K.. **Structure and Identification of Management Information for TCP/IP-based Internets**. RFC 1155, Maio de 1990.

[RMAV] Projetos e sub-projetos Rede Metropolitana de alta velocidade de

Florianópolis: RMAV-FLN: disponível em: <http://www.rmav-fln.ufsc.br/>, acesso em julho de 2000.

[SCHIMIDT] Schmidt, A. G.. **Multiprotocol over ATM – Building State of the Art ATM Intranets**. Manning Publications Co., 1998.

[SOARES] Soares, Luis Fernando Gomes. **Redes de Computadores: Das LANS MANS e WANS as redes ATM**. Editora Campus, 1995.

[STALLINGS] Stallings, William. **SNMP, SNMPv2, and CMIP - The Practical Guide to Network-manegemente Standards**. Addison Wesley, 1993.

[SURUAGY] Suruagy, J. A. Monteiro. **Redes Digital de Serviços Integrados de Faixa Larga (RDSI-FL)**. IX Escola de Computação. Recife 24 a 31 julho 1994.

[TANENBAUM] Tanenbaum, Andrew S. **Redes de Computadores**, Campus, 3 Ed. 1997.

ANEXOS

ANEXO 1 – Descrição do Modelo

O Modelo desenvolvido para a simulação foi criado no software COMNET III v.2.0.1, este software permite com certa facilidade a configuração da estrutura de rede e a configuração de aplicações, assim como a fácil leitura de seus relatórios para os processos simulados.

A representação do modelo pela presença dos swicht ATM e dos canais de no mínimo 155Mbps evidencia o potencial das redes para aplicações que exijam largura de banda.

A carga das aplicações de áudio e vídeo são representadas por distribuição probabilística com média em torno de 15000bytes, estes valores são representativos das aplicações para TV Multicast, onde é medido normalmente 15Mbytes para uma sessão de 5 min com uma apresentador e pouco movimentação na tela de vídeo.

Concorrente as aplicações de vídeo foram colocados no modelo processos de transferência de dados, constituídos por serviços de FTP.

O tempo de simulação, corresponde a média de tempo real, observado em experimentos de sessões de vídeo do experimento TV Multicast (RMAV-FLN), média igual 2 minutos de vídeo, isto porque aqueles experimentos são programados.

No modelo simulado o tráfego na rede é caracterizado por aplicações de áudio e vídeo e transferências de arquivos que concorrem aleatoriamente.

O modelo desenvolvido no COMNET III, demonstra a estrutura básica de uma rede de computadores com tecnologia ATM, com este objetivo as interfaces que compõe os comutadores estão configuradas para a camada ALL5 ATM com seus característicos padrões definidos com os equipamentos IBM série 82XX.

Os links são configurados para 155Mb/s que são as características da rede em OC-3.

ANEXO 2 – Relatório gerado na simulação

CACI COMNET III Release 2.0.1 Build 1210 (Academic license) Tue Jan 19 14:28:36
1999 PAGE 1

ascii

NODES: INPUT BUFFER TOTALS

REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 120.0 SECONDS

NODE	PACKETS		BUFFER USE (P=PKTS, B=BYTES)		
	ACCEPTED	BLOCKED	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM P/B
cpsw UFSC	314	0	0	0	1500 B

CACI COMNET III Release 2.0.1 Build 1210 (Academic license) Tue Jan 19 14:28:36
1999 PAGE 3

ascii

LINKS: CHANNEL UTILIZATION

REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 120.0 SECONDS

LINK	FRAMES		TRANSMISSION DELAY (MS)			% UTIL
	DELIVERED	RST/ERR	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM	
link ATM OC3.Link 155						
FROM cpsw UFSC@link	12268	0	0.003	0.000	0.003	0.0283
FROM Pentium 500@lin	12268	0	0.003	0.000	0.003	0.0283
Swicht Borda.Link						
FROM cpsw UFSC@Swich	314	0	0.071	0.022	0.080	0.0186
FROM Swicht Borda.Sw	314	0	0.071	0.022	0.080	0.0186

CACI COMNET III Release 2.0.1 Build 1210 (Academic license) Tue Jan 19 14:28:36
1999 PAGE 4

ascii

LINKS: UTILIZATION BY APPLICATION

REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 120.0 SECONDS

LINK / APP TYPES	PACKETS DELIVERED	PKTS/ SEC	BYTES DELIVERED	KBPS DELIVERED	% BYTES	UTIL (%)
link ATM OC3.Link 155						
Other	12268	102.233	636228	42.415	100.000	0.03
Swicht Borda.Link FROM						
Other	314	2.617	418315	27.888	100.000	0.02
Swicht Borda.Link FROM						

CACI COMNET III Release 2.0.1 Build 1210 (Academic license) Tue Jan 19 14:28:36
1999 PAGE 5

ascii

LINKS: FRAME SIZE

REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 120.0 SECONDS

LINK	COUNT	FRAME SIZES (BYTES)		
		AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM
link ATM OC3.Link 155				
FROM cpsw UFSC@link	12268	51.861	6.257	53.000
FROM Pentium 500@lin	12268	51.861	6.257	53.000
OC3 - 3				
FROM cpsw UDESC	0	0.000	0.000	0.000
FROM cpsw CLIMERH	0	0.000	0.000	0.000

CACI COMNET III Release 2.0.1 Build 1210 (Academic license) Tue Jan 19 14:28:36
1999 PAGE 6

ascii

APPLICATION SOURCES: APPLICATION RUN LENGTH

REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 120.0 SECONDS

NODE: APPLICATION LIST	NUMBER COMPL	AVERAGE	APPLICATION MINIMUM	DELAY MAXIMUM	STD DEV
PC-53 UFSC: AplicacaoPC53	1	26.265 MS	25.566 MS	26.852 MS	0.000 MS
PC-65 MARIO: AplicacaoPC65	1	16.326 MS	16.326 MS	16.326 MS	0.000 MS
PC-100 UFSC: AplicacaoPC100	1	15.525 MS	10.568 MS	17.568 MS	0.000 MS
PC-71 UFSC: AplicacaoPC71	1	15.898 MS	11.784 MS	18.985 MS	0.000 MS

CACI COMNET III Release 2.0.1 Build 1210 (Academic license) Tue Jan 19 14:28:37
1999 PAGE 7

ascii

APPLICATION SOURCES: SUCCESSFULLY COMPLETED APPLICATIONS

REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 120.0 SECONDS

NODE: APPLICATION LIST	NUMBER COMPL	AVERAGE	DELAY SUCCESSFULLY MINIMUM	COMPLETING MAXIMUM	STD DEV
PC-53 UFSC: AplicacaoPC53	1	26.265 MS	25.566 MS	26.852 MS	0.000 MS
PC-65 MARIO: AplicacaoPC65	1	16.326 MS	16.326 MS	16.326 MS	0.000 MS
PC-100 UFSC: AplicacaoPC100	1	15.525 MS	10.568 MS	17.568 MS	0.000 MS
PC-71 UFSC: AplicacaoPC71	1	15.898 MS	11.784 MS	18.985 MS	0.000 MS

CACI COMNET III Release 2.0.1 Build 1210 (Academic license) Tue Jan 19 14:28:37
1999 PAGE 9

ascii

MESSAGE + RESPONSE SOURCES: MESSAGE DELIVERED

REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 120.0 SECONDS

ORIGIN / MSG SRC NAME: DESTINATION LIST	MESSAGES ASSEMBLED	AVERAGE	MESSAGE DELAY STD DEV	MAXIMUM
Pentium 500 / src Video:				
PC-53 UFSC	7	26658.404 MS	29061.782 MS	91315.772 MS
PC-65 MARIO	7	35211.912 MS	36266.212 MS	91315.790 MS
PC-100 UFSC	6	34815.791 MS	39159.448 MS	91315.807 MS
PC-71 UFSC	6	35407.147 MS	39987.210 MS	92279.834 MS
Pentium 500 / src FTP:				
PC-65 MARIO	1	1237.046 MS	0.000 MS	1237.046 MS
PC-100 UFSC	0	0.000 MS	0.000 MS	0.000 MS
Pentium 500@link ATM OC3 / src CBR:				
ECHO	314	46797.012 MS	33535.279 MS	104.54532 S
cpsw UFSC@link ATM OC3 / src CBR:				
ECHO	0	0.000 MS	0.000 MS	0.000 MS
cpsw UFSC@Swicht Borda / src DEFAULT Service Class:				
ECHO	314	7.582 MS	2.980 MS	31.067 MS
PC-53 UFSC@Swicht Borda / src DEFAULT Service Class:				
ECHO	314	46797.012 MS	33535.279 MS	104.54532 S
PC-65 MARIO@Swicht Borda / src DEFAULT Service Class:				
ECHO	314	46797.012 MS	33535.279 MS	104.54532 S
PC-100 UFSC@Swicht Borda / src DEFAULT Service Class:				
ECHO	314	46797.012 MS	33535.279 MS	104.54532 S
PC-71 UFSC@Swicht Borda / src DEFAULT Service Class:				
ECHO	314	46797.012 MS	33535.279 MS	104.54532 S

CACI COMNET III Release 2.0.1 Build 1210 (Academic license) Tue Jan 19 14:28:37
1999 PAGE 10

ascii

MESSAGE + RESPONSE SOURCES: PACKET DELAY

REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 120.0 SECONDS

ORIGIN: DESTINATION LIST	NUMBER OF PACKETS				PACKET DELAY (MS)	
	CREATED	DELIVERED	RESENT	DROPPED	AVERAGE	MAXIMUM
Pentium 500 / src Video:						
PC-53 UFSC	1700	59	0	75	41346	101498
PC-65 MARIO	1700	76	0	57	49197	103553
PC-100 UFSC	1700	92	0	41	52109	104553
PC-71 UFSC	1700	80	0	53	46506	104553
Pentium 500 / src FTP:						
PC-65 MARIO	56	7	0	0	538.622	1237.046
PC-100 UFSC	35	0	0	0	0.000	0.000

CACI COMNET III Release 2.0.1 Build 1210 (Academic license) Tue Jan 19 14:28:37
1999 PAGE 11

ascii

MESSAGE + RESPONSE SOURCES: TIMEOUT

REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 120.0 SECONDS

ORIGIN: DESTINATION LIST	RETRANSMIT TIMEOUT (MS)		ROUND TRIP TIME (MS)	
	AVG	MAX	AVG	MAX
Pentium 500 / src Video:				
PC-53 UFSC	0.000	0.000	0.000	0.000
PC-65 MARIO	0.000	0.000	0.000	0.000
PC-100 UFSC	0.000	0.000	0.000	0.000
PC-71 UFSC	0.000	0.000	0.000	0.000
Pentium 500 / src FTP:				
PC-65 MARIO	0.000	0.000	0.000	0.000
PC-100 UFSC	0.000	0.000	0.000	0.000

CACI COMNET III Release 2.0.1 Build 1210 (Academic license) Tue Jan 19 14:28:37
 1999 PAGE 12

ascii

MESSAGE + RESPONSE SOURCES: PKT SIZE

REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 120.0 SECONDS

ORIGIN: DESTINATION LIST	MAX PKT	MAX WINDOW	MIN	PACKET SIZE AVG	MAX
Pentium 500 / src Video:					
PC-53 UFSC	1480	1	0	0	0
PC-65 MARIO	1480	1	0	0	0
PC-100 UFSC	1480	1	0	0	0
PC-71 UFSC	1480	1	0	0	0
Pentium 500 / src FTP:					
PC-65 MARIO	1480	1	1120	1429	1480
PC-100 UFSC	1480	1	1120	1429	1480

 * This report was generated by an academic license of COMNET III, *
 * which is to be used only for the purpose of instructing *
 * students in an accredited program that offers AA, bachelors, or *
 * graduate degrees. The information in this report is not for *
 * commercial use, funded projects, funded research, or use for *
 * the benefit of any external organization. *
