
Universidade Federal do Ceará
Mestrado em Ciência da Computação

**Uma Solução de Distribuição para Aplicações em Tempo Real no
Contexto do Ensino Tecnológico à Distância**
(Concepção, Projeto e Implementação)

Antonio de Barros Serra

Orientador: Mauro Oliveira, PhD

Banca

Mauro Oliveira, PhD – UFC/CEFET-CE
Rossana Andrade, PhD – UFC
Luiz Fernando Soares, PhD – PUC-RIO

Fortaleza, CE – Dezembro de 2001

Dedico este trabalho a minha mãe
Maria Evanilce Furtado Serra

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, Professor *Mauro Oliveira*, que me motivou a fazer este mestrado, me colocou a disposição toda a estrutura necessária para o desenvolvimento do trabalho e que, com o rigor e a eficácia que cabem aos mestres, ajudou-me a concretizar esta Dissertação.

Agradeço ao Professor *Giovanni Barroso*, que me apoiou e ajudou a superar vários desafios no desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas do LAR e do CEFET-CE, cujas contribuições diretas ou indiretas foram indispensáveis ao desenvolvimento deste trabalho.

A FUNCAP que proporcionou o auxílio que me deu suporte financeiro durante a elaboração da Dissertação.

Aos amigos *Marques, Marcus, Ana Luiza, Verônica, Roberto Wagner, Fernandes, Taveira, Alves, Iron e Cesar Olavo* que, além do apoio moral, contribuíram com seus conhecimentos em momentos importantes.

Ao meu *pai*, que já partiu deste mundo, mas que sempre será lembrado como um exemplo de pessoa, e a minha *mãe*, a quem devo tudo que sou.

A minha família que soube compreender e aceitar a minha ausência nos momentos de lazer.

De maneira especial ao meu amigo Marques que me inspirou, estimulou e mostrou o caminho a ser trilhado para a realização deste Mestrado.

E a todos que estiveram ao meu lado e me ajudaram a concretização deste trabalho.

Abstract

The evolution of computer networks, the access to the communication technologies and the cost reduction of personal computers have provided an adequate environment to the Internet popularization. Quickly, institutions and people involved with the teaching area realized that the *technology of World Wide Web (WEB)* could aggregate important values to the *Distance Education*. In search for tools that support the use of these integrated resources in benefit of the educational area, a new research area, which investigates the Instruction Based on WEB arose. Institutions dispersed around the world have developed the Instruction Systems Based on WEB, also called IBWs. However, is observed the absence of adequate tools for real time interaction, that allows participants to share the same time and space, using text resources, images, audio and video. *This work proposes the conception of a resource distribution solution for real time applications in Virtual Environments of Education. The modeling and the implementation of a Videoconference Application are also introduced* in the Context of the Distance Technological Education (DTE) with special attention in its specific characteristics and using the resources distribution solution. The conception of this solution was based on technological education considerations and on the critical dimensions of virtual environments for DTE. These concepts were developed during the conception of the INVENTE, a tool for ETD developed in the Laboratório Multiinstitucional de Redes – LAR, of the Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará – CEFET-CE.

Resumo

A evolução das redes de computadores, o acesso aos meios de comunicação e a redução de custo dos microcomputadores proporcionaram um ambiente adequado à popularização da Internet. Rapidamente as instituições e as pessoas envolvidas com a área de ensino perceberam que a *tecnologia da World Wide Web*, ou simplesmente WEB, poderia agregar valores importantes a *Educação a Distância* (EAD). Na corrida em busca de ferramentas, que apoiassem o uso desses recursos integrados em benefício da área educacional, surgiu uma nova área de pesquisa que investiga a Instrução Baseada na WEB. Os *Sistemas de Instrução Baseada na WEB*, também chamados de *IBWs*, vêm sendo desenvolvidos por instituições espalhadas por todo o mundo. Nota-se, porém, a ausência de ferramentas adequadas para interação síncrona, onde os participantes compartilham o mesmo espaço de tempo, *utilizando de forma conjunta recursos de texto, imagens, áudio e vídeo*. Este trabalho propõe a concepção de uma *solução de distribuição de recursos para aplicações de tempo real em Ambientes Virtuais de Educação a Distância*. São também apresentados a modelagem e a implementação *de uma Aplicação de Videoconferência, no Contexto da Educação Tecnológica à Distância (ETD), levando em conta sua especificidade e utilizando a solução de distribuição de recursos*. A concepção desta solução se apoia nos *pressupostos da educação tecnológica* e nas *dimensões críticas de ambientes virtuais para ETD*, conceitos desenvolvidos durante a concepção do INVENTE, uma ferramenta para ETD desenvolvida no Laboratório Multiinstitucional de Redes e Sistemas Distribuídos – LAR, do Centro Federal de Ensino Tecnológico do Ceará – CEFET-CE.

Sumário

Capítulo I - Introdução

1.1 – Apresentação	1
1.2 – Problemática	2
1.3 – Objetivos do Trabalho	3
1.4 – Estrutura do Trabalho	4

CAPÍTULO II – EAD e Educação Tecnológica à Distância

2.1 – Introdução a EAD.....	6
2.1.1 – Conceito de EAD	6
2.1.2 – Evolução da EAD	7
2.1.3 – Desafios da EAD	9
2.1.4 – Novas Concepções x Velhos Paradigmas.....	10
2.2 – EAD e a Internet.....	11
2.2.1 – Classificação Serviços em um Ambiente de EAD na Internet.....	11
2.2.2 – Serviços Assíncronos em Ambientes de EAD	12
2.2.3 – Serviços de Tempo Real em Ambientes de EAD.....	14
2.2.4 – Ferramentas de EAD para Internet.....	16
2.2.5 – Vantagem e Problemas do uso da Internet na EAD.....	18
2.3 – Características e Pressupostos da Educação Tecnológica.....	20
2.4 – Dimensões Críticas da Educação Tecnológica à Distância	21
2.5 – INVENTE – Uma Ferramenta para ETD.....	21
2.6 – Considerações Finais	24

Capítulo III – Videoconferência em EAD

3.1 – O que é Videoconferência ?	25
3.2 – Os Principais Elementos de uma Videoconferência	26
3.2.1 – Áudio.....	26
3.2.2 – Vídeo.....	27
3.2.3 – Sincronismo	30
3.3 – Padrões para Videoconferência	31
3.3.1 – Características Recomendadas	32
3.3.2 – A Pré-conferência.....	32
3.3.3 – Duração da Videoconferência.....	33
3.3.4 – Acesso aos Recursos.....	33
3.3.5 – Arquiteturas de Videoconferência.....	34
3.4 – Videoconferência em Redes de Computadores	36
3.4.1 – Aplicações Multimídia em Redes.....	37
3.4.2 – Características e Limitações do Tráfego de uma Videoconferência	38
3.4.3 – Videoconferência e a Qualidade de Serviço.	40
3.4.4 – O padrão H.323.....	41
3.5 – Aplicações da Videoconferência	42

3.6 – Ferramentas de Videoconferência Relacionadas.....	43
3.6.1 – CU-See-Me	44
3.6.2 – Windows Media Technologies.....	44
3.7 – Considerações Finais	45

Capítulo IV - Concepção de uma Aplicação de Videoconferência para ETD

4.1 – Requisitos Básicos	46
4.1.1 – Videoconferência no Contexto da ETD.....	46
4.1.2 – Novas Dimensões Críticas para ETD.....	48
4.1.3 – Definição de Requisitos Básicos	49
4.2 – Requisito I – Orientação a Objetos	51
4.2.1 – Metodologia Adotada	51
4.3 – Requisito II - Distribuição de Recursos	52
4.3.1 – Uma Aplicação Cliente/Servidor com Objetos Distribuídos	53
4.4 – Requisito III – Interface de Fácil Adaptação Cultural	55
4.4.1 – Porque o Navegador ?.....	56
4.4.2 – Os Elementos que Compõem a Interface.....	56
4.5 – Requisito IV - Resolução de Conflitos.....	60
4.6 – Requisito V - Qualidade de Serviço.....	61
4.6.1 - O Bloco de Convergência	61
4.6.2 – Caracterização do Tráfego Multimídia e da Infra-estrutura disponível	63
4.6.3 – Negociação Direta da Qualidade de Serviço.....	64
4.7 – AVET – Uma Aplicação de Videoconferência para ETD	64
4.7.1 – Interações Básicas com os Usuários (casos de uso).....	65
4.7.2 – Modelo Conceitual do Ambiente	69
4.8 – Considerações Finais	70

CAPITULO V – UM AMBIENTE DISTRIBUÍDO PARA APLICAÇÕES DE VIDEOCONFERÊNCIA NO CONTEXTO DA ETD

5.1 – Uma Nova Arquitetura Para o Invente	71
5.1.1 – A Versão 1.0 do INVENTE	71
5.1.2 – A Versão 2.0 do INVENTE	72
5.1.3 – Proposta de uma Nova Arquitetura para o INVENTE – Versão 3.0.....	73
5.2 – Os Stubs e a Camada de Referência Remota	74
5.2.1 – Comunicação em Sistemas Distribuídos	74
5.2.2 – Os Stubs	75
5.2.3 – A Camada de Referência Remota.....	76
5.3 – O Gerenciador de Serviços Distribuídos (GSD).....	77
5.3.1 – A Distribuição dos Recursos e as Salas Virtuais	78
5.3.2 – Gerência dos Serviços em Tempo Real	80
5.3.3 –Adicionando o GSD ao Núcleo de Gestão do INVENTE	81
5.4 – Considerações Finais	82

Capítulo VI – AVET: uma Aplicação de Videoconferência em um Ambiente Distribuído

6.1 – Arquitetura do AVET.....	83
6.1.1 – Uma Aplicação Cliente/Servidor em três camadas.....	83
6.1.2 – Agregação da Arquitetura do AVET ao INVENTE.....	85
6.1.3 – Escopo de Implementação.....	86
6.2 – Componentes da Camada de Aplicação.....	86
6.2.1 – O Gerenciador de Serviços Distribuídos (GSD).....	87
6.2.2 – O Servidor de Gestão do AVET (SGA).....	98
6.2.3 – O Servidor de Distribuição de Mídias (SDM).....	101
6.3 – A Camada de Dados.....	106
6.3.1 – O Banco de Dados do AVET.....	107
6.3.1 – Estrutura de Armazenamento das Mídias Gravadas.....	108
6.4 – Componentes da Camada de Apresentação.....	110
6.4.1 – O Reprodutor de Áudio e Vídeo.....	111
6.5 – Colaboração e Comunicação entre os Objetos Distribuídos.....	113
6.5.1 – Inicializando uma Sessão.....	113
6.5.2 – Acrescentando um Participante à Sessão.....	114
6.6 – Considerações Finais.....	115

CAPITULO VII – Cenário de Implementação e Operação do AVET

7.1 - Tecnologias de Implementação.....	115
7.1.1 – A Camada de Apresentação.....	115
7.1.2 - A Camada de Aplicação.....	117
7.1.3 – A Camada de Dados.....	119
7.2 - Agregação do AVET ao INVENTE.....	120
7.3 – A Navegação e a Operação no AVET.....	125
7.3.1 – Agendando uma nova sessão de videoconferência.....	127
7.3.2 – Alterando os dados de uma nova sessão agendada.....	128
7.3.3 – Entrando em uma sessão de videoconferência.....	129
7.4 – Administração do Ambiente.....	129
7.5 – A Invocação Remota de Métodos.....	130
7.5.1 – O RMI Java.....	130
7.5.2 – Troca de Mensagens com o RMI Java.....	132
7.6 – Considerações Finais.....	135

CAPÍTULO VIII – Conclusão

8.1 – Contexto Histórico.....	136
8.2 – Contribuições.....	137
8.2 – Trabalhos Futuros.....	139
8.3 – Considerações Finais.....	140

Apêndices

<i>Apêndice A</i>	142
<i>Apêndice B</i>	149
<i>Apêndice C</i>	153

Referências Bibliográficas	157
---	------------

Capítulo I - Introdução

1.1 – Apresentação

A evolução da Educação a Distância, ou simplesmente EAD, pode ser dividida, do ponto de vista tecnológico, em gerações [Roberts96]. As primeiras experiências de educação a distância se baseavam no envio de conteúdo textual através dos sistemas de correios, e na devolução de exercícios e avaliações, como forma de acompanhamento dos participantes. Com o advento dos aparelhos de reprodução de áudio e vídeo, o conteúdo distribuído passou a ser mais atraente, porém, o nível de interatividade no processo de aprendizagem ainda deixava muito a desejar devido ao problema do espaço e do tempo de resposta. Somente com a evolução das telecomunicações, proliferação das redes de computadores e redução de custo dos microcomputadores foi possível se conceber Sistemas de EAD com um nível razoável de interação entre as pessoas.

Além da evolução das redes de computadores, o avanço científico em outras áreas da ciência da computação contribuiu substancialmente com a evolução da EAD. A *computação gráfica* permitiu a geração de conteúdo com dinâmica e boa qualidade visual. A *realidade virtual* possibilitou a implementação de produtos com alto grau de interatividade e abstração. A *inteligência artificial* permitiu a criação de sistemas especialistas para apoio a avaliação, busca de conteúdos, diálogos personalizados, entre outras. Certamente, a combinação dessas e de outras novas tecnologias contribuirá ainda mais com a evolução da EAD, minimizando o problema do tempo e espaço.

Esse cenário tecnológico provocou o surgimento de ferramentas diversas para apoio a Educação, tanto presencial como à distância. No escopo desta Dissertação, interessam as ferramentas concebidas com o objetivo de utilizar os recursos disponíveis na tecnologia World Wide Web - WWW, ou ainda Web. A Tecnologia Web permite a publicação de conteúdos didáticos e científicos através da Internet, bem como a comunicação entre usuários. Baseada em um acesso padronizado e de baixo custo, essa tecnologia se tornou um instrumento valioso para a EAD e fez surgir um nova linha de pesquisa à qual estão associados os termos: IBW - Instrução Baseada na Web; EBW - Educação Baseada na Web; ABW - Aprendizado Baseado na Web.

No que diz respeito à educação tecnológica ou profissional¹, onde os aspectos práticos do ensino tornam-se tão importantes quanto os aspectos teóricos, pode-se encontrar em [Moura99] uma reflexão sobre os problemas enfrentados pelas instituições de Educação Tecnológica que decidiram implementar projetos de Educação a Distância baseados em redes de computadores. O trabalho de Moura levanta as diferenças entre o ensino tecnológico e o convencional e apresenta os pressupostos tecnológicos a serem satisfeitos por ferramentas de Educação a Distância desenvolvidas para a promoção do Ensino Profissionalizante. Dando seqüência a esse processo de investigação, em [Soares2001] foram analisadas as dimensões críticas da EAD relacionadas em [Hazemi98] e enumerar as dimensões críticas para Educação Tecnológica à Distância (ETD). Com base nessas reflexões, foi concebido um sistema IBW, denominado INVENTE (INVESTigação no ENSino TECNológico à Distância), voltado para a ETD.

A presente Dissertação dá continuidade a esse processo de investigação iniciado por Moura e Soares, propondo uma reflexão sobre os pressupostos e dimensões críticas da ETD. O resultado é o aprimoramento da arquitetura do INVENTE, em especial na infraestrutura de distribuição de recursos, e na agregação de uma aplicação de videoconferência a este ambiente virtual.

1.2 – Problemática

Como mencionado anteriormente, uma grande quantidade de ferramentas para EAD está sendo desenvolvida e aperfeiçoada em todo o mundo. No entanto, essas ferramentas apresentam ainda muitas limitações, principalmente quando recursos multimídia são compartilhados em aplicações de tempo real. Dentre os aspectos que contribuem para estas limitações, este trabalho destaca e analisa cinco deles: a gerência do contexto, a flexibilização das ferramentas, a distribuição dos recursos, a resolução de conflitos e a negociação de qualidade de serviço (QoS).

Gerência de Contexto: como pode se observar, na maioria das ferramentas, quando usuários interagem em um ambiente virtual utilizando um conjunto heterogêneo de recursos (vídeo, chat, quadro hipermídia, laboratório virtual, etc.), a *gerência de contexto* destes

¹ Entenda-se Educação Profissional no contexto da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9394 – Artigos 39 a 42).

serviços fica, na maioria das vezes, sob a responsabilidade do próprio usuário. Por exemplo, para entrar em uma “aula em tempo real” que utilize vídeo, chat e um laboratório virtual, o usuário é obrigado, em alguns casos, a acionar cada um dos recursos de forma individual. Além disso, ele precisa ter a atenção necessária para acionar todos os recursos dentro do mesmo contexto, neste exemplo, da respectiva aula.

Flexibilização das Ferramentas: outro problema observado, é a rigidez das plataformas concebidas para essas ferramentas. Entenda-se por rigidez, a falta de *flexibilização das ferramentas* para que outras aplicações ou recursos sejam agregados sem que haja um grande esforço de programação, e sem que se modifique a arquitetura inicialmente concebida.

Distribuição dos Recursos: quando ferramentas para EAD utilizam recursos multimídia, uma atenção especial tem que ser dada ao problema da *distribuição dos recursos* na rede. Serviços que demandam uma grande capacidade de processamento e uma alta taxa de transmissão precisam ser distribuídos de forma estratégica para não sobrecarregar um nó específico da rede. Além disso, essa distribuição de serviços deve ser feita de forma transparente ao usuário final.

Resolução de Conflitos: quando existem recursos com acessos restritivos, ou seja, que só podem ser acessados por um usuário em um determinado instante de tempo, o tratamento dos conflitos precisa prover uma igualdade na resolução. O algoritmo de *resolução de conflitos* utilizado deve garantir que todos os usuários tenham acesso ao recurso compartilhado em um espaço de tempo finito.

Negociação de QoS: um outro problema é a dificuldade de adaptar as ferramentas existentes para que sejam utilizadas em plataformas que permitem a *negociação de parâmetros de QoS*, como por exemplo em uma rede ATM. Por ser um tema ainda muito discutível, principalmente quando se fala em Internet, na maioria das ferramentas para EAD, este problema não é abordado com a atenção necessária.

1.3 – Objetivos do Trabalho

Visando minimizar as limitações discutidas na sessão anterior, esta Dissertação propõe a concepção de uma solução para distribuição de recursos em aplicações de tempo real voltadas para o Ensino Tecnológico à Distância (ETD). A modelagem e a implementação de uma *Aplicação de Videoconferência com base na solução concebida*

também é apresentada. Esta aplicação, aqui denominada *AVET* (Aplicação de Videoconferência para o Ensino Tecnológico), está agregada a o ambiente virtual de educação *INVENTE*, desenvolvido pelo Laboratório Multiinstitucional de Redes e Sistemas Distribuídos – LAR, do Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará – CEFET-CE.

De uma forma sucinta, este trabalho se propõe a realizar:

- ✓ *Uma análise dos pressupostos da ETD, de suas dimensões críticas e da arquitetura do INVENTE*, visando compreender o contexto no qual o trabalho será desenvolvido;
- ✓ *Concepção de uma solução de distribuição de recursos* para aplicações em tempo real no contexto da ETD e de uma *aplicação*, que utiliza a tecnologia WEB para permitir a realização de sessões de videoconferência entre usuários do ambiente virtual *INVENTE*, levando em consideração os pressupostos da educação tecnológica e as dimensões críticas da ETD;
- ✓ *Proposta de uma nova arquitetura* para o *INVENTE* que se adapte a solução de distribuição de recursos concebida;
- ✓ *Especificação e Modelagem* da aplicação de videoconferência concebida utilizando uma metodologia de análise e projeto orientada a objetos;
- ✓ *Implementação* de um protótipo da aplicação de videoconferência concebida que permita a comunicação entre os usuários do ambiente virtual, através da distribuição de áudio e vídeo e de mensagens textuais.

1.4 – Estrutura do Trabalho

Este trabalho está organizado em 8 (oito) capítulos e (3) três anexos, cujos conteúdos estão resumidos a seguir.

No Capítulo I, foram apresentados: o contexto do trabalho, a problemática das ferramentas para EAD e os objetivos desta Dissertação.

No Capítulo II, são abordados tópicos importantes sobre a EAD e o ensino tecnológico, tais como: o conceito e a evolução da EAD, o uso de novas tecnologias, os novos paradigmas, os pressupostos básicos do ensino tecnológico, as dimensões críticas em ambientes para ETD e o ambiente virtual *INVENTE*.

No Capítulo III, são apresentados conceitos importantes sobre videoconferência, alguns dos padrões e recomendações existentes, as características do tráfego multimídia em redes, possíveis aplicações da videoconferência e as características de algumas aplicações de videoconferência existentes no mercado.

No capítulo IV, após uma reflexão sobre os pressupostos do ensino tecnológico e as dimensões críticas apresentadas no Capítulo III, são enumerados requisitos básicos necessários a um ambiente de videoconferência para ETD. Com base nesses requisitos, é apresentada a concepção inicial de uma aplicação distribuída denominada AVET.

No Capítulo V, é proposta uma nova arquitetura para o INVENTE que permite a *distribuição e gerência dos recursos bem como a agregação do AVET ao ambiente*. São também descritos os elementos utilizados para prover a comunicação distribuída no ambiente e a gerência dos serviços em tempo real: o *stub*, a *camada de referência remota* e o *gerenciador de serviços distribuídos*.

No capítulo VI, a arquitetura do AVET é agregada ao INVENTE. Em seguida, é apresentada a modelagem dos objetos distribuídos que compõem a aplicação e é ilustrado o processo de comunicação dentro do ambiente.

No capítulo VII, é apresentado o cenário de implementação do AVET. São apresentadas as tecnologias utilizadas na implementação do protótipo, a sua agregação ao INVENTE e a forma como o processo de cooperação entre os objetos foi implementado.

No Capítulo VIII, são apresentados as conclusões, os trabalhos futuros e as considerações finais sobre a presente dissertação de mestrado.

No Apêndice A, é apresentado um breve histórico contendo os principais fatos que marcaram a evolução da EAD no Brasil e no Mundo.

No Apêndice B, são apresentados conceitos sobre o RTP (Real Time Protocol), protocolo utilizado pelo SDM (Servidor de Distribuição de Mídia) do ambiente para distribuição das mídias de áudio e vídeo durante uma videoconferência.

Por fim, no Apêndice C, são discutidos os recursos do “Java Media Framework – JMF”, framework desenvolvido pela SUN MICROSYSTEMS utilizado para implementação de alguns dos recursos do AVET.

CAPÍTULO II – EAD e Educação Tecnológica à Distância

2.1 – Introdução a EAD

Nesta sessão serão apresentados alguns conceitos sobre EAD considerados importantes para o entendimento de alguns pontos discutidos nesta Dissertação. Depois será traçado um paralelo entre a evolução da EAD e o avanço tecnológico dos meios de comunicações.

2.1.1 – Conceito de EAD

Definir EAD não é uma tarefa fácil. Na literatura são encontradas inúmeras definições. Entre as mais clássicas podemos citar:

“O Ensino a Distância é um sistema tecnológico de comunicação bidirecional, que pode ser massivo e que substitui a interação pessoal, na sala de aula, de professor e aluno, como meio preferencial de ensino, pela ação sistemática e conjunta de diversos recursos didáticos e pelo apoio de uma organização e tutoria que propiciam a aprendizagem independente e flexível dos alunos.” [Garcia94].

“A Educação a Distância é um aprendizado planejado, que normalmente ocorre em local diferente do ensino, por isso requer técnicas especiais na elaboração do curso, técnicas instrucionais especiais, métodos especiais de comunicação eletrônica e outras tecnologias, assim como uma organização especial e estratégias administrativas” [Moore96].

“Educação à Distância é o processo que fornece uma ligação entre instruídos e instrutores, de um lado, e a informação remota, de outro lado, fazendo uso de alguma tecnologia.” [Yoakam96].

Analisando as definições de Garcia, Moore e Yoakam, pode-se observar um conjunto comum de características da EAD. A primeira característica é que, na Educação à Distância, a maior parte da comunicação ocorre de forma geograficamente distribuída. A segunda, ressalta a dupla direção da comunicação. A terceira, a necessidade de utilização de uma tecnologia para promover essa comunicação (Figura 2.1).



Figura 2.1 – Necessidade do uso de uma tecnologia de comunicação para EAD.

Pode-se observar que a evolução da EAD possui uma forte relação com a evolução das tecnologias utilizadas para comunicação, visto que esta é um fator determinante da eficácia do processo ensino/aprendizagem à distância. Para ilustrar essa relação, no tópico seguinte, é apresentada a evolução da EAD fazendo-se um paralelo com o avanço tecnológico dos meios de comunicação e das redes de computadores.

2.1.2 – Evolução da EAD

Em [Roberts96], o processo evolutivo da EAD foi dividido em três fases: a geração textual (até 1960), baseada em textos manuscritos e impressos; a geração analógica (1960 – 1980), utilizava textos impressos e recursos audiovisuais (fitas e vídeos); e a geração digital (1960 – 1980), utilizava tecnologias modernas de telecomunicações, computadores pessoais e redes de computadores. Na Figura 2.2, podemos observar os principais fatores tecnológicos que contribuíram para a evolução da EAD.

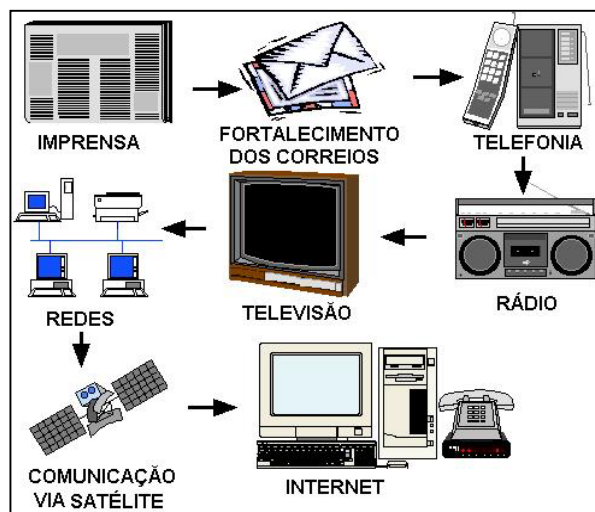


Figura 2.2 – Fatores tecnológicos que contribuíram com a evolução da EAD

A criação da EAD está ligada ao surgimento da escrita [Jeffries 2000]. Durante muito tempo o conhecimento foi disseminado através de manuscritos. Naquele tempo a EAD já era realizada de forma inconsciente através do deslocamento desses manuscritos a comunidades geograficamente distantes dos centros de produção de conhecimento. No entanto, pode-se observar que a EAD era realizada de forma unidirecional em função de limitações tais como: meios de transporte precários, inexistência de uma sistemática de distribuição de correspondências, e altas taxas de analfabetismo.

Com o surgimento da imprensa e o fortalecimento dos sistemas de correios, a educação passou por sua primeira evolução tecnológica. Materiais didáticos podiam ser produzidos em grande quantidade e distribuídos de uma forma mais eficaz. Também se tornou mais fácil a interação entre o aluno e o professor através da troca de correspondências.

Com o surgimento de dispositivos audiovisuais, no início do século XX, a qualidade do material distribuído para os alunos melhorou. Surgiram os filmes educativos, as projeções de slides e as animações gráficas. No entanto, o acesso a esses meios, era ainda muito dispendioso.

Outro fato que marcou a evolução da EAD foi a invenção do transmissor de rádio. O rádio, apesar de ser um recurso restrito, por só permitir a transmissão de áudio, levou os cursos à distância a uma grande quantidade de pessoas. O diferencial que marcou o uso dessa tecnologia foi a velocidade com a qual a informação chegava até o aluno.

Quando a televisão foi inventada, na década de 30, tornou possível a transmissão de sons e imagens. Isso fez com que a EAD para massas tomasse um novo impulso. Os métodos audiovisuais foram utilizados para tipos variados de educação, inclusive nos treinamentos militares durante o período de guerra [Wright91].

Até então, o uso da televisão e do rádio permitia uma rápida difusão do conhecimento, mas não permitiam um acesso rápido dos alunos aos propagadores de conhecimento. Com a expansão dos sistemas de telefonia, a possibilidade de interação rápida entre professores e alunos a distância se tornou possível.

A evolução dos diversos meios de comunicação possibilitou o surgimento da teleconferência¹. Uma das formas de teleconferência, baseada em telefone, a áudioconferência, permitiu a comunicação bidirecional em tempo real entre alunos e professores. Sua utilização porém ficou muito restrita devido a seus custos elevados [DeLoughry94].

O aprimoramento das tecnologias de comunicação de dados permitiu o surgimento de uma nova forma de teleconferência, a Videoconferência. Esta forma de comunicação permite a transmissão de áudio, vídeo, sinais de controle, documentos textuais e imagens estáticas em tempo real. Apesar de ser uma forma de comunicação bem adequada as necessidades da EAD, a videoconferência ainda não é utilizada amplamente porque exige equipamentos de alta tecnologia e circuitos de comunicação dedicados. Isso pode inviabilizar o uso da videoconferência por instituições com recursos escassos [Moura98].

A redução de custo dos microcomputadores, a popularização da internet e o fácil acesso aos meios de comunicação, deram origem a uma nova forma de EAD. Através do uso dessas novas tecnologias, informações são distribuídas em formatos diversos (texto, áudio, vídeo, imagens), grupos compartilham espaços virtuais, ambientes virtuais de aprendizagem disponibilizam conteúdos didáticos, professores e alunos se comunicam através de listas de discussão e salas de bate papo. Tudo isso, realizado a custos progressivamente menores, está provocando um grande impacto na educação [Soares 2001].

No Anexo I deste trabalho de dissertação, se encontra um resumo dos principais fatos históricos que influenciaram a evolução da EAD no Brasil e no Exterior.

2.1.3 – Desafios da EAD

Os grandes desafios da EAD eram: vencer as limitações espaço temporais e criar instrumentos adequados para repassar o conhecimento à distância. O primeiro foi superado através da evolução tecnológica dos meios de comunicação tais como: o surgimento da imprensa, o fortalecimento dos sistemas de correios, a invenção invenções tais como: o

¹ **Teleconferência:** um conjunto de facilidades de telecomunicações que permite aos participantes, em duas ou mais localidades distintas, estabelecer uma comunicação bidirecional através de dispositivos eletrônicos de comunicação, enquanto compartilham, simultaneamente, seus espaços acústicos e visuais, tendo a impressão de estarem todos em um único ambiente. [Fluckiger 95].

telefone, o rádio e a televisão, o uso da comunicação via satélite e a proliferação de redes de computadores interligadas por todo o mundo (Internet).

O segundo desafio foi superado pela possibilidade de geração de conteúdos impressos, áudio visuais e multimídia de excelente qualidade pedagógica, que podem ser distribuídos em fitas cassete, fitas de vídeo, CDs (compact disks) ou ainda transmitidos em formato digital através dos meios de comunicação.

E no momento, qual é o grande desafio da EAD?

Talvez seja *encontrar estratégias e instrumentos adequados que combinem de forma eficaz todos os recursos tecnológicos disponíveis para que se obtenha sucesso no processo de ensino/aprendizagem a distância*. E talvez, o caminho a ser tomado para superar esse desafio seja, refletir sobre os paradigmas que acompanham os sistemas tradicionais de educação e olhar em direção as novas concepções, passíveis de implementação com o apoio dessas novas tecnologias.

No cenário atual, uma quantidade considerável de instituições, espalhadas por todo o mundo, está realizando experiências diversas na busca de um modelo ideal para a EAD. Essas instituições utilizam estratégias diversas, mas na sua grande maioria, compartilham dos mesmos instrumentos tecnológicos. Muitas têm obtido sucesso em suas investidas, e outras não. Um fator comum nessas experiências tem sido a crescente utilização de sistemas de *Educação à Distância Mediada por Computador* [Loyolla98].

2.1.4 – Novas Concepções x Velhos Paradigmas

Para promover o processo ensino-aprendizagem à distância de maneira eficaz, obtendo vantagens significativas das oportunidades criadas pelas tecnologias, tanto para a educação tecnológica como para a educação convencional, alguns paradigmas precisam ser quebrados sobre a EAD, como proposto em [Bates95] e apresentado na Tabela 2.1.

Concepções Tradicionais	Novas Concepções
O ambiente face-a-face é o melhor para o aprendizado.	Diferentes tipos de ambiente podem dar suporte ao ensino de alta qualidade. Isso depende da forma como estes ambientes são utilizados.
O aprendizado é o que acontece quando professores interagem com estudantes em um tempo e espaço fixos.	O aprendizado acontece dinamicamente e de forma não limitada, incluindo aquilo que o aprendiz faz, independentemente dos professores.
Processos orientados a pessoas (people-oriented) são incompatíveis ao uso de tecnologia.	O uso de tecnologias voltadas para a EAD em processos orientados a pessoas é possível e desejável.
Quando o processo de aprendizagem falha, acusa-se a tecnologia empregada.	Quando o processo de aprendizagem falha, reavalia-se a estratégia de ensino, não apenas as ferramentas utilizadas.
Aprender a gerenciar o processo ensino-aprendizagem à distância é aprender a usar a tecnologia envolvida.	Aprender a gerenciar o aprendizado a distância está relacionado ao melhor entendimento sobre o processo de aprendizagem.

Tabela 2.1 - Evolução das concepções acerca da EAD

2.2 – EAD e a Internet

A palavra “Internet” centraliza um conjunto vasto de tecnologias combinadas para permitir uma forma singular de comunicação a distância e compartilhamento de informações. A possibilidade de comunicação bidirecional entre aluno e professor, bem como a troca de informações em diversos formatos através de longas distâncias, fizeram da Internet um dos principais instrumentos de apoio a educação à distância, provendo mecanismos para mudanças fundamentais na maneira como as pessoas aprendem [Spodick95].

A Internet permite a manipulação de informações e novas maneiras de formação de conhecimento, de um modo mais rápido e com objetivos mais amplos do que qualquer outro recurso tecnológico até hoje utilizado [Lucena99]. Isso é feito a partir de um conjunto de serviços oferecidos de forma distribuída em uma grande rede mundial de computadores, geralmente agrupados em ferramentas construídas para a EAD.

2.2.1 – Classificação Serviços em um Ambiente de EAD na Internet

Os protagonistas podem interagir de diferentes formas em um determinado serviço ofertado por uma ferramenta de EAD na Internet. Podemos classificar um serviço oferecido como síncrono, também conhecido como serviço de tempo real, ou assíncrono. Já em atividades com interações de tempo real (bate papo, videoconferência, quadro compartilhado), o tempo de resposta deve ser curto e, algumas vezes, estimável. Nas

atividades assíncronas a interação é feita em espaços temporais longos e, algumas vezes, imprevisíveis. Tomando como exemplo o envio de uma mensagem pelo correio eletrônico, a resposta pode demorar minutos, horas, dias ou ainda não chegar.

Assíncronos	Síncronos
Publicação de Documentos (WWW)	Serviço de IRC
Correio Eletrônico	Videoconferência
Lista de Discussão	Quadro Compartilhado
Áudio e Vídeo sob Demanda	Ambientes de RV Distribuídos

Tabela 2.2 – Classificação dos principais serviços quanto à forma de interação entre os usuários.

Na Tabela 2.2, são apresentados os principais serviços disponíveis na Internet classificados pelo tipo de interação entre os usuário. Nas próximas sessões, esses serviços serão apresentados com mais detalhes.

2.2.2 – Serviços Assíncronos em Ambientes de EAD

Na Tabela 2.2, podem ser vistos os principais serviços assíncronos encontrados na Internet: a publicação e acesso a documentos, o correio eletrônico, as listas de discussão e áudio e vídeo sob demanda. Apesar das características desses serviços mudarem, de acordo com a implementação, segue uma breve descrição das propriedades comuns a cada um deles:

Publicação e Acesso a Documentos: este serviço permite que usuários, geralmente cadastrados previamente em um ambientes virtual, publiquem documentos diversos (cursos, exercícios, artigos, teses, etc.). Em ambientes bem elaborados, para publicar um material, o autor deve preencher um formulário contendo informações básicas sobre aquele “Objeto Pedagógico”. Essas informações permitem a construção de *catálogos* dentro dos ambientes virtuais. Esses catálogos podem servir de subsídio para apoiar a interoperabilidade de conteúdos entre ambientes de EAD e também permitir buscas avançadas de conteúdo dentro do ambiente.

Serviço de Correio Eletrônico: este serviço permite que listas de endereços eletrônicos sejam criadas dentro de contextos específicos de um ambiente virtual. Podem ser criadas

listas de pessoas interessadas em um tema, que estão matriculadas em um determinado curso ou que participam de um grupo de discussão. Através das listas, mensagens podem ser distribuídas de acordo com grupos de interesse. Se um professor, por exemplo, deseja enviar uma mensagem para as pessoas de um determinado curso, basta enviar a mensagem para a lista do curso. Essa mensagem será então distribuída automaticamente para todos os membros do curso.

Serviço de Listas de Discussões: também conhecido como *fórum*, neste serviço todas as mensagens são vinculadas a um determinado tema. Dentro de um ambiente virtual, um usuário pode propor um tema para discussão e, a partir da criação do tema, mensagens sobre o assunto podem ser enviadas. Ao navegar pelo ambiente um usuário pode acessar um tema e visualizar todas as mensagens enviadas para aquele tema. O usuário pode também enviar respostas às mensagens de outros participantes da discussão. Geralmente, as mensagens enviadas como resposta ficam vinculadas à mensagem que originou aquela linha de discussão. Na Figura 2.3, é ilustrada a estrutura hierárquica das mensagens sobre um determinado tema dentro de uma lista de discussão.

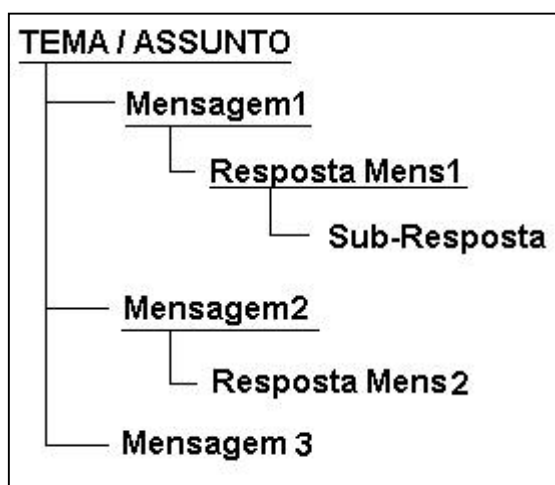


Figura 2.3 – Estrutura hierárquica das mensagens em um fórum

Áudio e Vídeo sob Demanda: em ambientes mais robustos, mídias de áudio e vídeo são disponibilizadas sob demanda. Por consumir muito recurso e utilizar tecnologia avançada, esse serviço não é encontrado na maioria das ferramentas de EAD presentes na Web. Com a contínua propagação das redes de alta velocidade e a redução das taxas dos serviços de comunicação, em um futuro próximo, estes serviços ganharão espaço dentro desses

ambientes. Apesar de dispendioso esse serviço disponibiliza material de excelente qualidade pedagógica para os usuários de um ambiente virtual.

Foram aqui relacionados os serviços mais comuns, no entanto, outros serviços assíncronos, mais específicos, podem também ser encontrados nos ambientes virtuais de ensino à distância.

2.2.3 – Serviços de Tempo Real em Ambientes de EAD

A medida que a velocidade de transmissão de dados e a capacidade de processamento dos computadores aumentam, um conjunto de novos serviços, destinados a interação em tempo real, são concebidos e implementados em ambientes de EAD. Entre os serviços mais conhecidos e utilizados podem ser citados:

A comunicação textual em tempo real (chat): também conhecida como Serviço de IRC (*Internet Relay Chat*), é talvez a forma mais simples de interação síncrona. Neste serviço de rede, os usuários trocam mensagens dentro de um contexto específico, denominado de sala virtual, ou interagem de forma privada com outra pessoa. Uma das grandes vantagens desse tipo de comunicação é o baixo consumo de recursos computacionais e de comunicação.

O quadro compartilhado: possui uma janela contendo ferramentas para elaboração de textos e desenhos. Essas ferramentas podem ser utilizadas de forma cooperativa, ou não, pelos participantes de uma interação em tempo real. Todas as operações realizadas no quadro de um participante são replicadas para os outros usuários. Uma das vantagens do quadro compartilhado é a possibilidade de construção de conteúdos de forma colaborativa. Durante uma interação, por exemplo, os participantes podem construir um desenho ou escrever um documento de forma cooperativa.

A videoconferência: para aperfeiçoar os métodos de comunicação à distância, grupos de pesquisa iniciaram estudos objetivando desenvolver serviços denominados de *teleconferência*. Em [Soares98, Fluckiger95], serviços de teleconferência são definidos como “*um conjunto de facilidades de telecomunicações que permite aos participantes, em duas ou mais localidades distintas, estabelecer uma comunicação bidirecional através de dispositivos eletrônicos de comunicação, enquanto compartilham, simultaneamente, seus espaços acústicos e visuais, tendo a impressão de estarem todos em um único ambiente*”.

Uma das classes de serviços de teleconferência encontradas na literatura [H.200, Soares98, Fluckiger95], é a videoconferência. Ela pode ser definida como “*um serviço com suporte a transmissão de áudio e vídeo, sinais de controle, documentos textuais e imagens estáticas*”. A videoconferência é, entre as outras classes de serviços de teleconferência (áudio conferência, conferência audiográfica, teleseminário, etc.), o serviço mais completo do ponto de vista da interação em tempo real.

O quadro hipermídia: este serviço permite a apresentação e manipulação de textos, imagens, áudio e vídeo sob demanda, por participantes de uma interação em tempo real. O objetivo principal do quadro hipermídia é permitir que, em um ambiente colaborativo de tempo real, os usuários troquem conteúdos, discutam sobre temas específicos, troquem experiências e apresentem opiniões diferentes sobre um mesmo assunto. Este recurso pode ser visto como uma evolução em um dos serviços previstos para uma videoconferência que é a troca de documentos textuais e imagens estáticas. A diferença é que, no quadro hipermídia, os documentos, imagens, áudio e vídeo são apresentados em tempo real pelos participantes da interação. Este recurso simula recursos utilizados por participantes em aulas, palestras e reuniões presenciais, tais como: projetor de slides, retroprojetor, videocassete, data show, vira páginas e impressos.

Ambientes de Realidade Virtual: em ambientes que utilizam Realidade Virtual, ou simplesmente RV, os protagonistas de uma interação são representados por elementos gráficos denominados “avatares”. Todos os “avatares” compartilham um mesmo ambiente virtual e os objetos nele presentes. Tudo sendo representado com o auxílio de recursos de computação gráfica. Um participante pode ver personagens que representam outros usuários dentro do ambiente virtual e também pode interagir com eles. Uma grande vantagem desse tipo de ferramenta é o sentimento de presença dos participantes dentro de um ambiente comum. Isso incentiva e facilita o compartilhamento dos recursos disponíveis e a construção do conhecimento de forma colaborativa. “*A interação, percepção e simulação são os principais elementos presentes em um ambiente de RV*” [Casas98].

É observado que os recursos descritos acima são freqüentemente utilizados em ambientes educacionais como serviços independentes, ou seja, para utilizar um ou mais desses recursos dentro de um ambiente o usuário precisa exercer um controle individual

para cada um. Isto acontece porque a maioria das ferramentas não apresenta um serviço de orquestração de recursos. Geralmente, porque administrar o uso desses recursos de forma integrada e colaborativa não é uma tarefa simples.

2.2.4 – Ferramentas de EAD para Internet

Esses serviços, disponíveis na Internet, motivaram a construção de novos cenários de EAD apoiados por ferramentas baseadas em tecnologia Web (Figura 2.4). Em [Santos99] essas ferramentas são classificadas em seis modalidades: aplicações hipermídia, sítios educacionais, sistemas de autoria para cursos à distância, salas de aulas virtuais, frameworks para aprendizagem cooperativas e ambientes distribuídos para aprendizagem cooperativa.



Figura 2.4 – Ferramentas para EAD baseadas na tecnologia Web.

Apesar de bem elaborada, a classificação de ferramentas para EAD proposta por [Santos99] nem sempre pode ser aplicada. Isso ocorre porque muitas ferramentas disponíveis na Web possuem características que as colocam em duas ou mais das

modalidades. Na Tabela 2.3, estão relacionadas algumas das ferramentas para EAD baseadas na Web mais conhecidas e utilizadas [Soares2001].

É visível o crescente investimento de esforços de diversas instituições em todo o mundo na tentativa de construir ferramentas para EAD, que através de estratégias adequadas, utilize os recursos tecnológicos disponíveis na Internet para promover o aprendizado à distância de forma eficaz. Nem sempre esse objetivo é alcançado. Principalmente pelo fato de que inúmeras variáveis, que não estavam presentes em ambientes presenciais, precisam ser analisadas e compreendidas nos ambiente virtuais.

Ferramenta	Recursos
Learning Space (Lotus Education e IBM)	<ul style="list-style-type: none"> • Agenda de curso • Centro de Mídia • Sala de Curso • Descrição dos Participantes
WebCT (University of Britihs Colúmbia)	<ul style="list-style-type: none"> • Interface para projetar cursos • Disponibilização de ferramentas • Ferramentas administrativas • Classificação de usuários nas classes: administrador, projetista, instrutor e aluno
CaMILLE	<ul style="list-style-type: none"> • Interface baseada em formulários Web • Registro de notas individuais contendo hyperlinks • Uso de hyperlinks para um contexto de discussão
Web Course in a Box – WCB (Virgínia Commonwealth University)	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de identificadores e senhas de usuários • Criação de salas de chat e grupos de discussão • Compartilhamento de documentos • Criação de calendários e ementas • Criação de Homepages pessoais • Configuração de características do sistema
AulaNet (Laboratório de Engenharia de Software do Departamento de Informática da PUC-Rio)	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de cursos com capacidade de interatividade; • Permite a reutilização de conteúdos já existentes em mídia digital, através da importação de arquivos; • Divide os usuários nos grupos: administrador, autor e aluno.
Eureka (Laboratório de Mídias Interativas – LAMI da PUC-PR)	<ul style="list-style-type: none"> • Modulo de informações sobre os cursos • Sala de bate papo • Correio eletrônico • Estatísticas sobre o andamento do curso • Listas de discussão • Informações sobre o perfil dos participantes de um curso • Funções administrativas • Ajuda em tempo real

Tabela 2.3 – Exemplos de ferramentas para EAD

2.2.5 – Vantagem e Problemas do uso da Internet na EAD

O uso da Internet como instrumento para EAD traz uma série de vantagens, mas também requer um conjunto de cuidados. Para conceber modelos de estratégias de ensino à distância eficazes, é necessário que o educador conheça em profundidade os benefícios proporcionados pelos instrumentos tecnológicos de apoio, e também suas limitações. Podem ser citadas como vantagens do uso da Internet para EAD:

A Democratização do Conhecimento: esta vantagem, que ainda é fruto de muitas polêmicas que não serão discutidas aqui por não ser o escopo deste trabalho, é uma das maiores vantagens criada com o advento da Internet. A possibilidade de acessar conteúdos diversos, a partir de qualquer ponto do planeta, a um baixo custo relativo, mostra-se como um enorme diferencial, quando comparamos a Internet aos demais meios utilizados para a EAD [Lawhead97].

Heterogeneidade de Estratégias e Instrumentos Pedagógicos: a possibilidade de aprender utilizando métodos e estratégias diversificadas e interagindo com conteúdos em formatos diversos abre um novo leque de opções e motivam aos que procuram o processo de aprendizagem a distância. Como defendem os estudiosos da Andragogia², esses métodos diferenciados e essa diversidade de instrumentos pedagógicos são importantes principalmente para motivar o aprendizado dos jovens e adultos [www04].

Construção Cooperativa de Conhecimento: a possibilidade de interação através dos diversos serviços da Internet, comentados no Tópico 2.1.2, facilitou o processo de construção cooperativa de conhecimento. Através das listas de discussão, do chat, repositórios de documentos e outros serviços, grupos de pessoas no mundo inteiro podem debater suas idéias e promover a construção de novos conhecimentos de uma forma interativa. [Horn96].

Estratégias Dirigidas ao Indivíduo: o processo ensino/aprendizagem, na maioria das vezes, é planejado de forma a atender a grupos de pessoas. Muitas vezes esses processos falham por não levarem em conta a heterogeneidade do grupo. As características de aprendizado dos indivíduos são diferentes. A velocidade de aprendizado, a preferência metodológica e o conhecimento já adquirido variam de pessoa para pessoa. O advento da

aprendizagem mediada por computador permitiu que novas estratégias, dirigidas ao indivíduo e não ao coletivo, fossem desenvolvidas e implementadas. Dentro desse novo conceito, o professor pode determinar os objetivos a serem alcançados e o próprio aluno pode modelar seu aprendizado, determinando: os métodos a serem utilizados, o conteúdo a ser estudado e os instrumentos de apoio a aprendizagem.

O impacto positivo provocado pela Internet na EAD é bem visível. No entanto, obter essas vantagens ao planejar uma ferramenta para EAD não é uma tarefa simples. Por isso, tão importante quanto conhecer as vantagens do uso dessa nova tecnologia é saber quais as suas limitações e os cuidados necessários durante a sua utilização. Podemos citar alguns dos problemas e limitações encontrados em [Soares2001].

Perda do contexto: culturalmente, estamos acostumados a absorver conhecimentos através da navegação por conteúdos de acesso, até certo ponto, seqüencial. O modelo de navegação na Internet, conhecida por navegação hipermídia, pode levar a desorientação do aprendiz. Muitas vezes se fará necessário voltar ao ponto de partida para novamente se localizar dentro do conteúdo.

Sobrecarga Cognitiva: a grande quantidade de informações disponíveis na Internet, pode provocar um “stress” no aprendiz. Isso pode ocorrer devido a necessidade de tomar, a todo instante, decisões de qual conteúdo utilizar ou descartar.

Confiabilidade das Publicações: a vantagem de ser um ambiente democrático para o acesso e publicação de conteúdo pode também ser vista como uma desvantagem. Isso porque, em determinados ambientes, por não haver um critério na publicação das informações, a qualidade do conhecimento publicado, bem como seu grau de atualização, pode ser duvidoso. Isso pode gerar uma insegurança por parte do aprendiz na utilização desse conteúdo.

Limitações no Sistema de Comunicação³: quando recursos multimídia são utilizados em ferramentas para EAD na Internet, é necessário que se utilize uma tecnologia que permita a provisão de qualidade de serviço (QoS). Para garantir a qualidade do serviço oferecido pelo ambiente virtual, é necessário que a infra-estrutura de rede permita a negociação e a

² Andragogia: ciência que estuda o aprendizado dos jovens e adultos.

garantia de parâmetros específicos de QoS tais como: velocidade de transmissão, taxa de perda, tempo de retardo na transmissão, etc.

Conhecendo as vantagens e os problemas na utilização da Internet no processo de aprendizagem à distância, pode-se então tratar de dimensões críticas presentes na construção de uma ferramenta para educação. Entenda-se por dimensão crítica, neste trabalho, todo conceito que deva ser considerado como importante e prioritário no projeto de um ambiente virtual para o aprendizado à distância.

2.3 – Características e Pressupostos da Educação Tecnológica

Este trabalho de pesquisa teve origem na investigação das possíveis diferenças do ensino tecnológico profissionalizante para o ensino convencional, feita por Moura [Moura99].

Durante esse processo de investigação foram identificadas algumas características inerentes a educação tecnológica. Observou-se: o uso intensivo de laboratórios para realização de experiências práticas, o uso do computador como uma importante ferramenta de apoio a elaboração de projetos, uma maior exploração dos sentidos do aprendiz (tato, audição, visão, etc.), a necessidade de colocar o conhecimento em prática através de estágios profissionalizantes e a utilização de métodos diferenciados de avaliação.

Com base nessas características, foram enumerados alguns pressupostos básicos a serem observados durante a escolha das tecnologias empregadas na construção de ferramentas de apoio ao ensino tecnológico à distância [Moura99]. Podem ser citados como pressupostos básicos: o uso de realidade virtual, a exploração de recursos de áudio e vídeo e a provisão de QoS, a agregação de aplicações voltadas para áreas específicas e a possibilidade de agregação de ferramentas não concebidas inicialmente.

Logo depois, esta investigação científica foi ampliada por Marques [Soares2001] que, através de uma visão orientada a conceitos, enumerou um conjunto de dimensões críticas que devem ser observadas durante a concepção de uma ferramenta de EAD voltada ao ensino tecnológico.

³ O Sistema de Comunicação compreende, neste contexto, os meios de transmissão, os equipamentos e os protocolos empregados para interconectar os nós de uma rede de computadores.

2.4 – Dimensões Críticas da Educação Tecnológica à Distância

Em [Soares2001], as dimensões críticas da ETD, são classificadas em formas básicas: a *adaptação cultural*, a *exploração dos sentidos*, e a *flexibilização do ambiente virtual*. Um desafio a ser enfrentado em qualquer ambiente, voltado para EAD, é criar abstrações que minimizem a *adaptação cultural* do usuário à ferramenta. Essas abstrações envolvem aspectos diversos da ferramenta tais como: as *metáforas utilizadas* na interface; a *criação de mecanismos de colaboração* e a *definição de papéis* dentro do ambiente virtual [Hazemi98].

Em relação à *exploração dos sentidos*, muitas vezes nos deparamos com limites tecnológicos. Dependendo da situação e do contexto, nossos sentidos podem ser necessários de forma conjunta ou separados. Na andragogia, ciência que estuda o aprendizado do jovem/adulto, um dos critérios importantes ao se passar conhecimentos é a necessidade de contextualizar o conteúdo à realidade e utilizar recursos que explorem os sentidos do aprendiz [Conner96]. Para atender a esses critérios, em um ambiente virtual de educação, é necessário que se explore com muito cuidado os recursos de: áudio, vídeo, imagens e texto.

Por fim deve-se observar que a necessidade de explorar os sentidos em formas diferentes, de acordo com o contexto, nos obriga a pensarmos nas ferramentas de educação, sejam elas de apoio presencial ou à distância, como ambientes abertos e flexíveis. Portanto, para *Flexibilizar o Ambiente Virtual*, devemos nos preocupar com sua *configurabilidade* para adequação às necessidades do contexto ou ao domínio do problema e com a *extensibilidade* do ambiente permitindo que novos recursos sejam agregados.

Neste trabalho, os pressupostos e as dimensões críticas da educação tecnológica à distância servem como pilares de sustentação, sobre os quais são definidos os requisitos necessários a uma aplicação de videoconferência voltada a um ambiente de educação tecnológica à distância.

2.5 – INVENTE – Uma Ferramenta para ETD

Um dos sistemas IBW, concebido no Laboratório Multiinstitucional de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos – LAR, do Centro Federal de Ensino Tecnológico

do Ceará - CEFET-CE, denomina-se INVENTE (Investigação no Ensino Tecnológico à Distância). Este ambiente nasceu da necessidade de se investigar as diferenças entre o ensino convencional e o tecnológico a distância e de se produzir uma ferramenta que atendesse aos *pressupostos da educação tecnológica*. A princípio esse IBW foi concebido em [Moura99] e depois evoluiu para a implementação de um protótipo através de uma abordagem que leva em consideração as dimensões críticas da Educação Tecnológica à Distância [Soares2001].

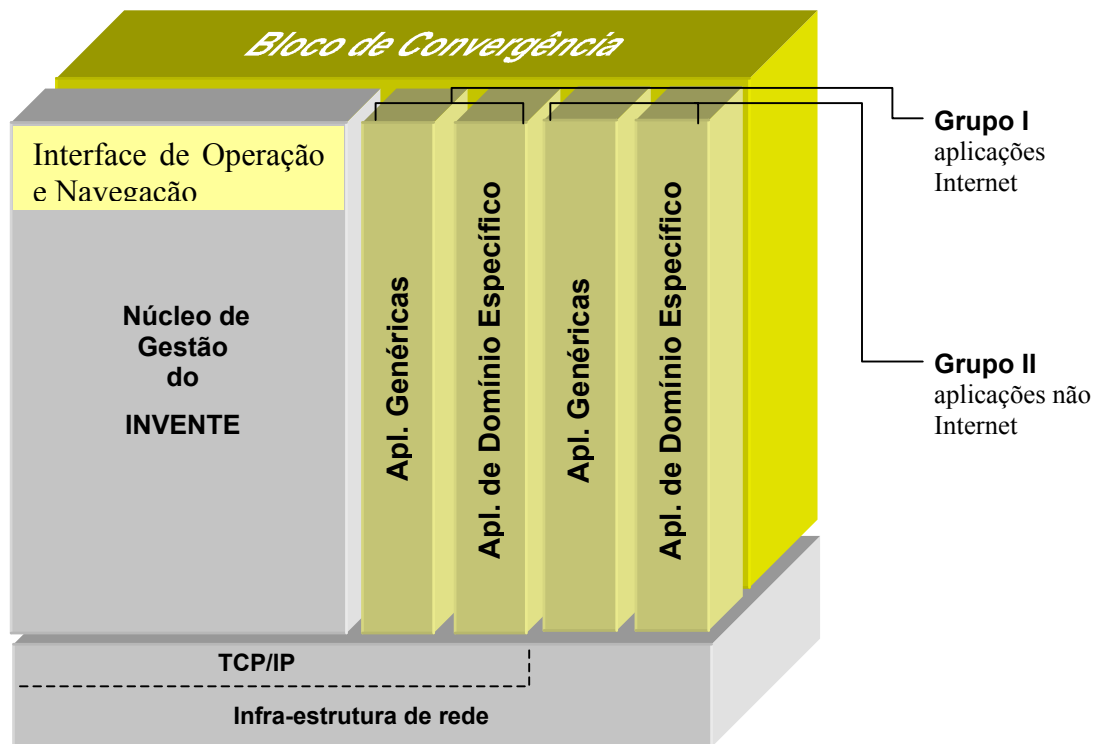


Figura 2.5 - Arquitetura do INVENTE - versão 2.0

Na arquitetura do INVENTE (Figura 2.5), proposta em [Soares2001], o autor preocupou-se em atender as necessidades do ambiente através de uma perspectiva mais conceitual e não de uma visão orientada somente à tecnologia. Em sua nova concepção, o INVENTE leva em consideração: a adaptação cultural, a flexibilização do ambiente e a exploração dos sentidos. A arquitetura do INVENTE prevê um Núcleo de Gestão responsável por gerir dos recursos do ambiente e oferecer uma interface entre os usuários e sistema.

Uma grande inovação do ambiente é a flexibilidade de sua arquitetura no que diz respeito a agregação de novas aplicações. Ele prevê a agregação de Aplicações Genéricas (de propósito geral) e Aplicações de Domínio Específico (voltadas para áreas específicas do conhecimento).

Em [Soares2001] o desenvolvimento do INVENTE foi dividido em cinco fases, como pode ser visto na Figura 2.6. A "Fase 1" corresponde ao desenvolvimento do Núcleo de Gestão do Invente. Os serviços Fundamentais e as Aplicações Genéricas ficam agrupados na "Fase 2". A "Fase 3" se concentra na *modelagem e agregação de aplicações de áudio e vídeo sem uso de mecanismos de qualidade de serviço*. As Fases 4 e 5 respectivamente, prevêem a implementação de um bloco de convergência para provisão de qualidade de serviço (QoS) e agregação de aplicações de domínio específico.

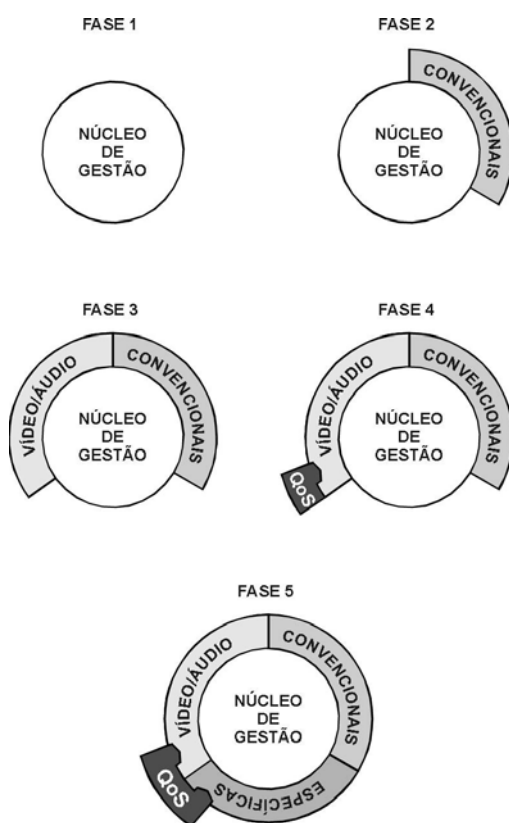


Figura 2-6 - Fases de desenvolvimento do INVENTE previstas em [Soares2001].

Com base no trabalho de Moura e Marques, os pesquisadores do LAR construíram um protótipo do INVENTE implementando as aplicações pertencentes ao núcleo de gestão do ambiente e um conjunto de serviços genéricos tais como: lista de discussão, serviço de IRC (Internet, Relay Chat), publicação de material, etc.

Visando contribuir com esse processo de investigação da educação tecnológica à distância, este trabalho de dissertação dá continuidade ao desenvolvimento do INVENTE através da proposição de uma arquitetura distribuída para o ambiente e da agregação de aplicações de áudio e vídeo, proposta na "Fase 3" da implementação da ferramenta.

2.6 – Considerações Finais

Após analisar a evolução da EAD e o impacto da Internet sobre os processos de aprendizagem conhecidos até então, pode-se concluir que, durante a concepção de novas ferramentas para EAD, é necessário que se faça uma reflexão sobre velhos paradigmas e se mantenha a mente aberta para que novas estratégias de aprendizagem possam ser concebidas utilizando, da forma mais eficaz possível, os recursos tecnológicos disponíveis.

É também de igual importância, que se esteja atento para as armadilhas que podem ser criadas com o uso inadequado das novas tecnologias presentes na Internet. Devemos lembrar que uma tecnologia só traz bons resultados se utilizada de forma adequada.

Para que se possa conhecer melhor a tecnologia aqui empregada, no próximo capítulo, serão abordados conceitos importantes no desenvolvimento de uma aplicação de videoconferência para EAD.

Capítulo III – Videoconferência em EAD

3.1 – O que é Videoconferência ?

Como já foi comentado no Tópico 2.2.3 do Capítulo II, a evolução das tecnologias de telecomunicações permitiram a criação do serviço de videoconferência. A videoconferência compõe um dos tipos de serviços de teleconferência. *“A teleconferência é um conjunto de facilidades de telecomunicações que permite aos participantes, em duas ou mais localidades distintas, estabelecer uma comunicação bidirecional através de dispositivos eletrônicos de comunicação, enquanto compartilham, simultaneamente, seus espaços acústicos e visuais, tendo a impressão de estarem todos em um único ambiente”* [Soares98, Fluckiger95].

O padrão [H.200] da ITU-T classifica os serviços de teleconferência em:

Audioconferência: serviço onde trafegam somente sinais de áudio e de controle entre os participantes;

Conferência áudio-documentária: serviço onde trafegam sinais de áudio, controle e texto entre os participantes;

Conferência áudio-gráfica: serviço onde trafegam sinais de áudio e controle, documentos textuais e imagens estáticas;

Videoconferência Freeze-frame: serviço onde trafegam sinais de áudio, controle, documentos textuais e imagens estáticas dos participantes da videoconferência;

Teleseminário: serviço que consiste da distribuição dos eventos ocorridos num local (áudio e vídeo) para todos os demais participantes, sendo o áudio o único sinal de retorno;

Videoconferência: serviço onde trafegam sinais de áudio e vídeo, controle, documentos textuais e imagens estáticas em tempo real.

Entre os serviços de teleconferência o mais completo, e que também demanda mais recursos, é o de videoconferência. O serviço de videoconferência agrega as características de todos os outros serviços já que permite a troca em tempo real de sinais de controle, textuais, de áudio e vídeo e imagens estáticas.

3.2 – Os Principais Elementos de uma Videoconferência

Como este trabalho está dirigido a uma aplicação de videoconferência em ambiente de redes de computadores, antes de discutir os padrões de videoconferência e as arquiteturas dos ambientes existentes, é importante que sejam abordados conceitos sobre o tráfego multimídia em redes.

A transmissão de áudio e vídeo através dos meios de comunicação, implica na tarefa de converter informações analógicas contínuas em informações discretas, processo chamado de “digitalização”. Coletar um conjunto de dados discretos para representar cada instante de um fenômeno contínuo significa – matematicamente – representá-lo na forma de uma função ao longo do tempo. Esta coleta de dados discretos ao longo do tempo realizada na origem será utilizada para reconstruir o sinal no dispositivo de saída [Bordignon2001].

3.2.1 – Áudio

Um sinal de áudio é uma onda acústica unidimensional [Tanenbaum97]. É uma vibração que gera uma onda acústica, e é pela vibração de algum dispositivo que podemos detectá-la.

Em 1924, Nyquist mostrou que um sinal analógico “filtrado” podia ser digitalizado, transmitido de forma digital e reconstituído. Baseada nessa teoria foram construídas as tecnologias modernas de digitalização de sons.

Três fatores influenciam na qualidade do áudio reproduzido após um processo de digitalização:

- A taxa em que as amostras são coletadas;
- A quantidade de bits utilizada para representar cada valor da amostra;
- O número de canais utilizados.

Na Tabela 3.1, estão relacionados alguns valores (em quantidade de bits por segundo) de referência para a taxa de amostragem aceitável para cada tipo de aplicação.

Amostras <i>(bit por segundo)</i>	Aplicação
8.000	Telefonia
32.000	Transmissão de fluxos de áudio de Rádios Digitais
37.800	Taxa padrão para leitura de CD-ROM com alta qualidade
44.056	Usado por equipamentos profissionais de áudio.
44.100	CD de áudio

Tabela 3.1 – Valores de referência para taxa de amostragem/aplicação [www06]

Observa-se uma crescente tendência no sentido de reduzir as opções de taxas e métodos de codificação com o objetivo de melhorar a interoperabilidade entre diferentes aplicações.

Depois de digitalizado, o áudio pode passar por diferentes processos de tratamento binário. Ele pode ser armazenado em arquivos digitais, criptografado, compactado e transmitido através de uma rede de computadores.

Para reduzir as taxas requeridas para transmissão de áudio, são utilizadas diversas técnicas de digitalização e compressão substituindo informações originais por descrições matemáticas mais compactas. Após a transmissão do áudio é realizado o processo de descompressão. Qualquer que seja a técnica empregada, a compressão é baseada no fato de que o conteúdo armazenado ou transmitido deve ser menor que o conteúdo original sem que esta diferença comprometa o entendimento do conteúdo.

3.2.2 - Vídeo

Um vídeo é, na verdade, um conjunto de quadros (imagens) exibidos em um determinado intervalo de tempo. A visão humana retém, em média, uma imagem durante 40 milésimos de segundos. A reprodução de imagens a uma velocidade de 25, ou mais, quadros por segundo é capaz de provocar a sensação de animação.

A estratégia para transmissão de vídeo é análoga a utilizada para transmissão de áudio. A informação contínua é representada de forma discreta, e a transmissão se dá na forma de função unidimensional ao longo do tempo. Basicamente, trata-se de representar, em formato digital, os pontos de cada quadro que compõem um vídeo.

A diferença entre a digitalização do áudio e do vídeo começa pela quantidade de bits necessários para representar um único quadro (imagem), e o desempenho, exigido por todo o sistema de transmissão, para atingir a taxa necessária para realizar a animação em tempo real. Utilizando a forma mais simples de representação de um quadro, um bit por pixel, são necessários 307.200 bits para representar um quadro com 640 por 480 pontos. Um segundo de vídeo com uma taxa de reprodução de 30 quadros por segundo exige uma taxa de 9.216.000 bits por segundo, ou 9,216 Mbps (Megabits por segundo). Isso para transmitir uma simples imagem em preto e branco.

Para representar um vídeo colorido de boa qualidade, é necessário utilizar 8 bits para representar cada uma das 3 cores básicas, ou seja, 24 bits no total. Isso significa que, para transmitir um segundo de vídeo colorido em uma resolução de 640 por 480 pontos, seria necessário um canal que fosse capaz de transmitir 640 x 480 (resolução) x 30 (quantidade de quadros por segundo) x 24 (quantidade de bits para representar um ponto), ou seja, 221,184 megabits por segundo.

Tomando-se como base essas informações, podem ser relacionados os três componentes responsáveis pela qualidade do vídeo transmitido:

Resolução: as dimensões das imagens (quantidade de colunas de pixels x quantidade de linhas de pixels). As resoluções mais utilizadas para as imagens em aplicações multimídia são apresentadas na Tabela 3.2.

Quantidade de Cores: o número de bits utilizados para expressar cada uma das cores básicas.

Taxa de Quadros: o número de quadros (frames) apresentados por segundo. Em geral, se utiliza os valores de 15 a 30 quadros por segundo em aplicações profissionais, chegando-se a 2 quadros por segundo em aplicações na Internet.

Formato do Quadro	Colunas (em pixels)	Linhas (em pixels)
SQCIF	128	96
QCIF – Quarter – CIF	176	144
CIF ¹	352	288
4CIF	704	576
16CIF	704	576
16CIF	1408	1152

¹ CIF (Common Intermediate Format) significa “formato comum de intermediação”.

Tabela 3.2 – Principais resoluções de imagens em aplicações multimídia [H.320]

Para tentar resolver o problema das altas taxas de transferências requisitadas para transmissão de um vídeo são adotadas, geralmente em conjunto, três soluções básicas: a diminuição do tamanho dos quadros do vídeo, a redução da quantidade de quadros por segundo e a compressão dos dados a serem transmitidos.

A compressão, utiliza técnicas e algoritmos para substituir informações originais por descrições matemáticas mais compactas. Após ser transmitido e recebido é realizado o processo de descompressão. Qualquer que seja a técnica empregada, a compressão está relacionada com o fato de que o conteúdo armazenado ou transmitido deve ser menor que o conteúdo original sem que esta diferença comprometa o entendimento do conteúdo [Duran97]. Muitas vezes esse termo também é utilizado para se referir ao hardware que realiza esta função. Geralmente, quanto mais eficiente o algoritmo de compressão, maior o seu tempo de processamento.

Formato De vídeo	Taxa requerida	Máximo de Quadros por Segundo
H.261	128 – 2000	30
H.263	28.8 – 2000	30
MPEG – 4	28.8-500	30
MPEG – 1	400-2000	30
MPEG – 2	1500-6000	30

Tabela 3.3 – Principais padrões de digitalização e compactação de vídeo [Bordignon2001]

Na Tabela 3.3, são apresentados os principais padrões de digitalização e compactação de vídeo utilizados atualmente em aplicações multimídia. A escolha da técnica mais adequada depende da natureza da aplicação a ser implementada.

3.2.3 - Sincronismo

A captura, digitalização e compactação do áudio e vídeo são tarefas realizadas de forma independente. As técnicas e estratégias utilizadas para otimizar o envio dessas mídias pelos meios de comunicação também são distintas. Portanto, a recepção e reprodução das mídias de áudio e vídeo em uma aplicação de redes de computadores exigem um cuidado especial, o “sincronismo” [Bordignon2001].

Uma das estratégias adotadas na tentativa de solucionar esse problema é alternar os bits de sons e dados através de um processo denominado *multiplexação*. Esse

escalonamento pode ser feito por pacotes de bits, alternando a transmissão de “n” pacotes de imagem para cada pacote de som.

Essa estratégia tem três problemas básicos. O primeiro, é que durante a transmissão dos pacotes pela infra-estrutura de redes podem ocorrer perdas comprometendo o sincronismo desejado. O segundo, é que não há uma taxa constante de bits de imagem para cada bit de som. E esse é o pressuposto básico para o uso de escalonamento como técnica de sincronismo. O próprio som, depois de sofrer compactação, também não apresenta uma taxa constante de bits. O terceiro, é a necessidade de que os dados sejam entregues em uma regularidade absoluta, pois em caso contrário, o destino perceberá as falhas de forma diferenciada para sons e imagens.

A variação do retardo na transmissão é compensada pelo conteúdo anteriormente armazenado em um buffer. O problema dessa solução é o dimensionamento adequado do buffer para que ele não esvazie provocando uma parada na reprodução da mídia.

3.3 – Padrões para Videoconferência

Um órgão importante na padronização de soluções em telecomunicações é o ITU (United Nation’s International Telecommunications Union). O ITU-T (Telecommunication Standardization Sector) define dois padrões para videoconferência: o H.320 (aprovado em maio de 1999) e o H.324 (aprovado em janeiro de 2001). O uso de padrões é importante para permitir a interoperabilidade entre diferentes sistemas de videoconferência. Além da videoconferência, o ITU-T também define padrões para outros serviços de teleconferência tais como: videofonia (F.720, F.721), conferência audiográfica (F.710, F.711, T.120) [Duran97], e outros como a própria telefonia convencional.

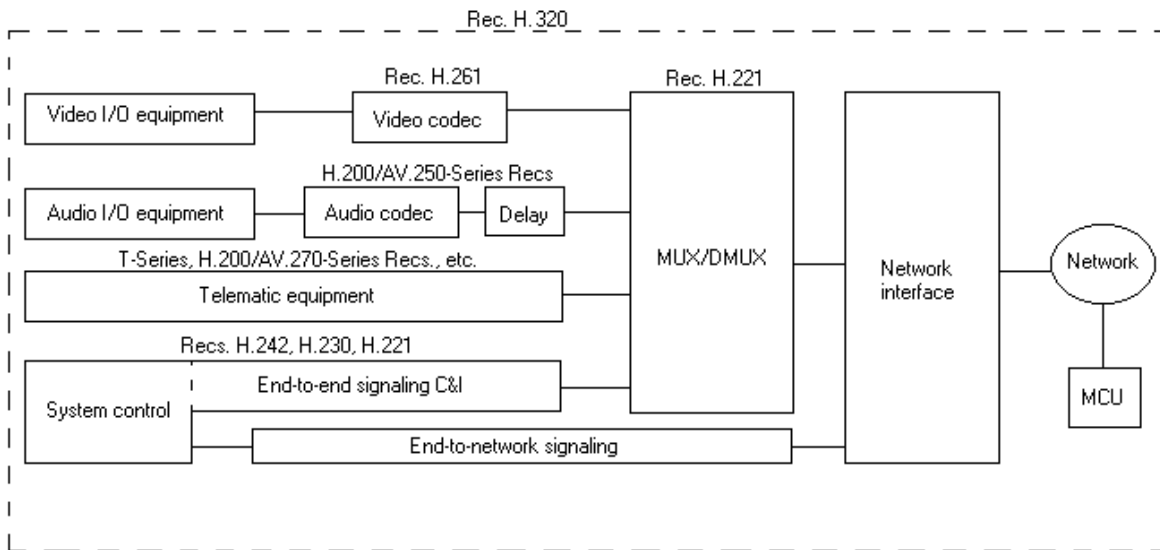


Figura 3.1 – Sistemas de Videoconferência

Na Figura 3.5, do H.320, mostra como as partes de uma videoconferência estão relacionadas. As unidades funcionais são mostradas de acordo com os várias recomendações da ITU. Os *equipamentos de entrada e saída de áudio e vídeo* (Video/Audio I/O equipment), como microfones, monitores, cameras, autofalantes não são especificados. *Equipamentos de Telemática* (Telematic equipment) provêem ajuda a conferência tais como: quadro compartilhado, captura de imagens e blocos de anotações. Isto é tratado mais detalhadamente pela recomendação T.120. *Controle do Sistema* (System Control) e *Sinalização Fim-a-Fim* (End-to-end signaling) são utilizados para negociação de padrão de compressão de áudio, abertura de canais de dados durante uma chamada, e coisas deste tipo. Os *CODECs de áudio e vídeo* são responsáveis pela codificação e decodificação dos sinais. Os *Multiplexadores* (MUX) e *Demultiplexadores* (DMUX) permitem a combinação e transmissão de vídeo, áudio, dados e sinais de controle dentro de um único stream (H.221). A *Unidade de Controle Multiponto* (MCU – Multipoint Control Unit) permite que três ou mais usuários de videoconferência interajam em conjunto.

3.3.1 – Características Recomendadas

A recomendação F.730 [F.750], define um serviço de videoconferência como um serviço de teleconferência audiovisual de conversação interativa que provê uma troca bidirecional, e em tempo real, de sinais de áudio (voz) e vídeo entre grupos de usuários em dois ou mais locais distintos. Esta recomendação relaciona um conjunto de características

adicionais aos sistemas de videoconferências [Rodrigues96]. Entre elas podem ser destacadas:

- Transmissão de imagens estáticas de alta resolução;
- Encriptação para garantir privacidade;
- Transmissão de dados em geral;
- Utilização de câmeras auxiliares;
- Gravação de conferência;
- Existência de um coordenador;
- Implementação de um controle de acesso através de algoritmo de passagem de permissão para garantir que apenas um usuário fale por vez;
- Identificação do interlocutor;
- Facilidade de votação;
- Facilidade de recuperação das mídias gravadas;

3.3.2 – A Pré-conferência

A recomendação F.730 da ITU-T também recomenda a implementação de uma etapa anterior a videoconferência denominada de pré-conferência. Nesta etapa, o organizador da videoconferência deve registrar um conjunto de informações importantes sobre a sessão a ser realizada. Essas informações deverão estar acessíveis ao organizador e aos possíveis participantes, e poderão ser também alteradas pelo organizador a qualquer momento antes do início da sessão de videoconferência. A recomendação diz:

“Na pré-conferência, configura-se a data e horário de uma conferência, quais participantes terão acesso à conferência, quais os acessos que cada participante possui, quem é o coordenador (se existir um) e informações para o algoritmo de controle de acesso, entre outras informações.”

Essas informações serão utilizadas para permitir a administração do ambiente durante a realização da sessão.

3.3.3 – Duração da Videoconferência

Também de acordo com a recomendação F.730, uma videoconferência deve iniciar no momento que o primeiro participante realiza a operação de conexão à mesma. Durante a

operação de conexão a uma videoconferência, um participante em potencial deve visualizar uma lista de conferências que estejam agendadas e selecionar em qual deseja participar. Neste instante, o sistema deve verificar se o participante em questão tem direito de acesso ou não àquela conferência. Opcionalmente, a lista de conferências apresentada a um determinado usuário poderá conter apenas as conferências às quais aquele usuário tem permissão de conexão. O término de uma videoconferência deve acontecer quando o último participante se desconectar.

3.3.4 – Acesso aos Recursos

O sistema de videoconferência deve permitir o controle do acesso aos recursos disponíveis. O *Coordenador*, pode transmitir sinais de áudio a todas as demais estações, e o secretário, tem direito de manipular documentos multimídia/hipermídia. A função de secretário pode ser também exercida por um usuário, denominado *Interlocutor*.

Para controlar o acesso aos recursos dentro do ambiente, deve ser utilizado um algoritmo que escolha o participante com maior prioridade, dentre os vários candidatos a controlar um recurso. Caso exista mais de um participante com a mesma prioridade, o sistema deve escolher os participantes de modo a garantir a equidade na distribuição de controle sobre cada recurso. Uma vez que o participante tenha ganho o controle de um determinado recurso, ele terá uma fatia de tempo máxima para a utilização exclusiva do mesmo. Um participante com controle de um dispositivo pode liberar o recurso antes do término da fatia de tempo a ele alocada. Os valores da fatia de tempo máxima de cada usuário são configurados pelo coordenador ou interlocutor da videoconferência.

3.3.5 – Arquiteturas de Videoconferência

A ITU-T, em sua recomendação (*Draft*) T.130, descreve a arquitetura de sistemas de conferência multimídia de tempo real e os elementos envolvidos. O conjunto de padrões introduzido, também referenciado como ARCM (Arquitetura de Tempo Real para Conferência), provê o gerenciamento e o controle de fluxos em tempo real em um ambiente de comunicação multiponto. Esta recomendação também introduz uma descrição funcional das recomendações que irão construir o sistema de controle audiovisual.

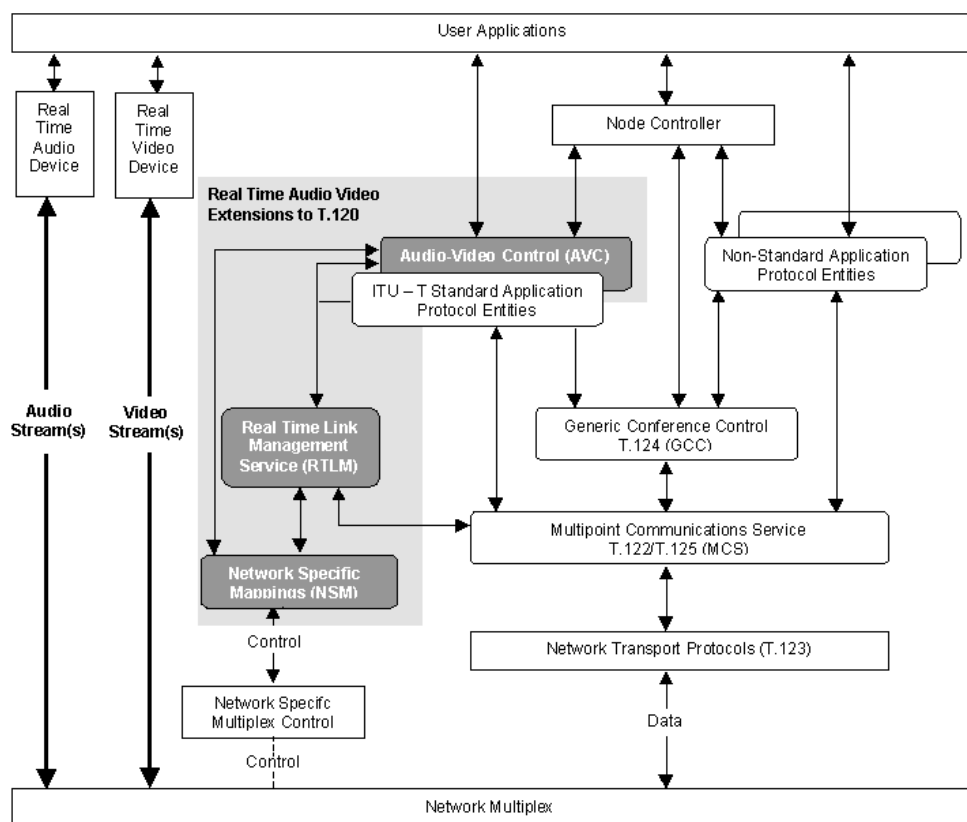


Figura 3.2 – Modelo de arquitetura para as extensões de áudio e vídeo em tempo real.

As séries ARCM, construídas nas recomendações de conferência ITU-T existentes, tiveram uma larga aceitação. Principalmente as séries de conferências audiovisuais H.320 e as séries T.120, de recomendações de conferência de dados cooperativos [Schaphorst96]. A ARCM oferece um conjunto de recomendações que estabelece uma arquitetura e protocolos

para suportar o uso de fluxos de tempo real em aplicações multimídia. A ARCM pode ser classificada como:

- Controle uniforme de fluxos de tempo real;
- Protocolos de controle de fluxo de rede cruzadas;
- Elementos de processamento como parte da infra-estrutura de rede;
- Qualidade de serviços em comunicação multimídia;
- Gerenciamento distribuído.

Apesar de também definir protocolos de controle específicos de rede, a infra-estrutura para suporte e gerenciamento de fluxos de tempo real foi projetada para ser independente da rede em uso. O conjunto ARCM suporta múltiplas origens de fluxos de tempo real (transmissores) e sinks (receptores) em cada nó. Permite também que cada nó envie e receba múltiplos fluxos de dados.

Na Figura 3.2, o escopo do conjunto de recomendações ARCM e o relacionamento entre as recomendações e os componentes de um sistema de videoconferência em tempo real são apresentados. Também é ilustrado o relacionamento com o conjunto de recomendações T.120.

A recomendação para arquitetura de tempo real multiponto propõe uma nomenclatura sem ambigüidade. Alguns elementos da arquitetura são:

Elo de tempo real: conexão lógica entre dois nós adjacentes que transporta informação em tempo real.

Pipes: uma subdivisão de um elo de tempo real que transporta um único fluxo unidirecional de informação de um tipo de mídia específico entre os dois nós. Cada fluxo de informação independente precisa de seu próprio pipe.

Stream: fluxo unidirecional de informação de tempo real de uma origem específica para um ou mais destinos. O caminho de comunicação lógica utilizada para transportar um fluxo fim-a-fim é denominado pipeline. O próprio pipeline é composto de um ou mais pipes, cada um destes é utilizado para transportar o fluxo através de um único elo entre a origem e o(s) destino(s).

Fonte: um dispositivo físico, como uma câmera ou microfone, ou outra entidade introduzida na conferência, que origina um fluxo.

Sink: o destino de um fluxo de dados.

3.4 – Videoconferência em Redes de Computadores

Os primeiros sistemas de videoconferência utilizavam difusão por satélite de redes de televisão comerciais. Um emissor enviava vídeo para múltiplas estações receptoras utilizando chamadas telefônicas para comunicação. Esse tipo de videoconferência é classificado como “videoconferência baseada em circuitos”. Esses sistemas são projetados para operar em circuito com taxa de bits garantida, produzindo uma taxa de bits constante.

Com o objetivo de tirar proveito dos dispositivos de rede já instalados, experiências de videofonia baseada em pacotes foram iniciadas. Logo depois essas experiências se estenderam aos sistemas de videoconferência. Para realização de videoconferência baseada em pacotes, duas abordagens são mais utilizadas:

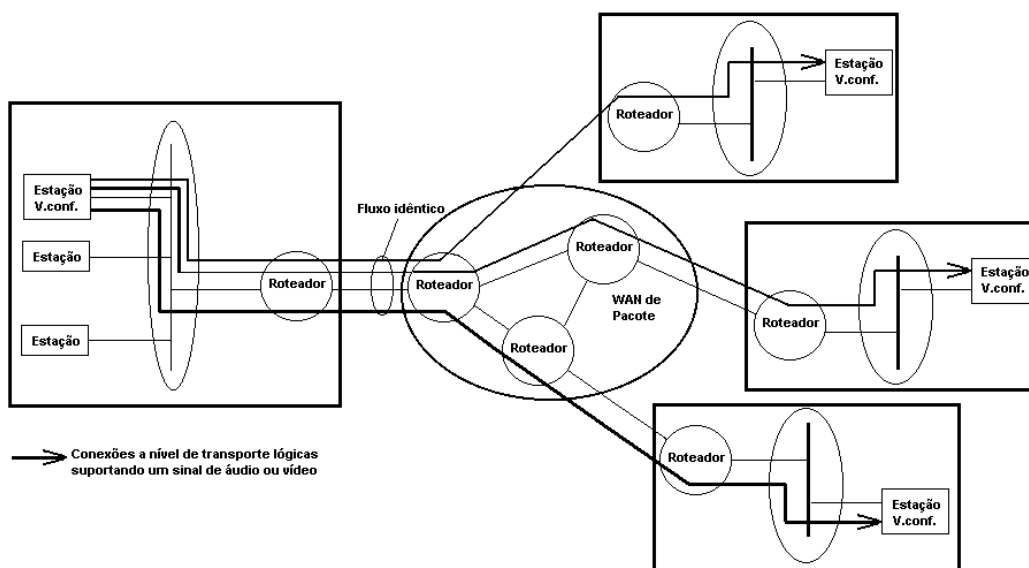


Figura 3.3 – Videoconferência de pacote multigrupo baseada em múltiplas conexões ponto-a-ponto.

Conexões ponto-a-ponto: múltiplas conexões ponto-a-ponto (Figura 3.3) são estabelecidas entre os sistemas dos participantes da videoconferência. Essas conexões não são estabelecidas por circuitos físicos, mas sim por conexões lógicas entre os sistemas finais, onde canais de comunicação não são dedicados, isto é, as conexões lógicas compartilham a rede de pacotes com um número de outras aplicações de comunicação de dados. Neste tipo de videoconferência, a taxa de bits não pode ser garantida já que a conexão entre os participantes é uma simples conversão entre os sistemas finais e é gerenciada pelos

protocolos da camada de transporte da rede. Esse tipo de sistema não é econômico já que gera múltiplos fluxos idênticos de dados.

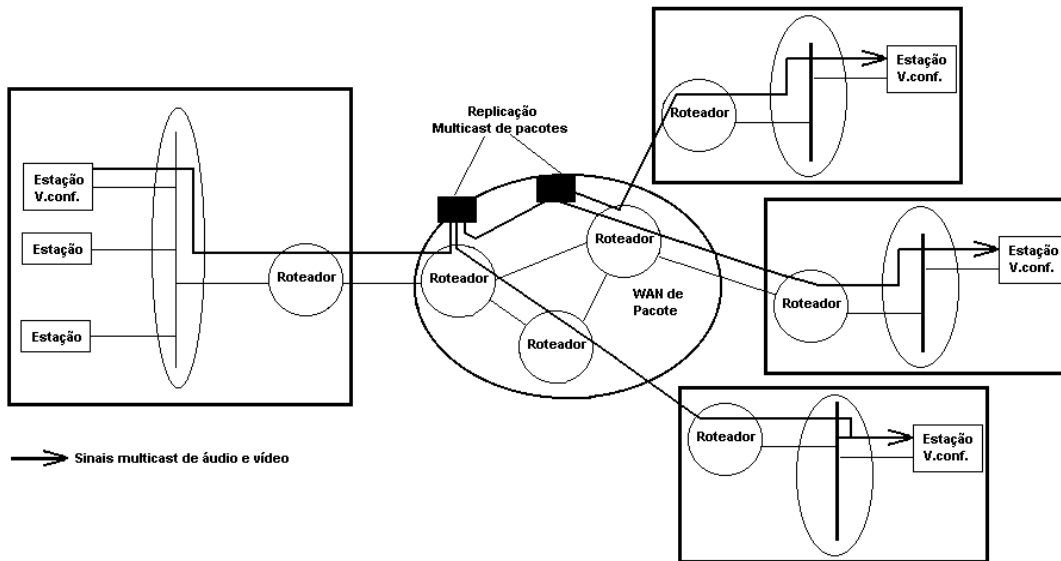


Figura 3.4 – Vídeoconferência de pacote multigrupo baseada em multicast de pacotes.

Multicast: o uso de multicast (Figura 3.4) explora as capacidades das redes locais, que utilizam meio compartilhado (Ethernet, Token Ring, FDDI), onde cada estação potencialmente recebe todos os pacotes distribuídos na rede. Essa funcionalidade está também disponível em redes distribuídas, sejam elas orientadas ou não a conexão. O problema desse tipo de sistema de vídeoconferência, mais elegante e econômico, é a necessidade de utilização de criptografia para garantir a privacidade dos dados.

4.3.1 – Aplicações Multimídia em Redes

De acordo com o tipo de conexão utilizada, uma aplicação multimídia em redes pode ser classificada como [www06]:

Aplicações ponto-a-ponto bidirecional: onde o fluxo de dados trafega em ambas as direções simultaneamente através de conexões físicas ou virtuais entre os dois pontos da aplicação. Canais full-duplex devem ser utilizado. A audioconferência e a vídeoconferência entre dois pontos, o quadro compartilhado e espaços de colaboração são exemplos de aplicações ponto-a-ponto bidirecionais.

Aplicações ponto-multiponto bidirecional: são aplicações com mais de dois pontos que demandam interatividade total. A comunicação pode ocorrer de forma que todos os pontos possam transmitir e receber ao mesmo tempo. O receptor recebe as transmissões de um ponto central, que é responsável por selecionar uma origem e retransmitir para os demais pontos. A videoconferência com três ou mais pontos, o quadro compartilhado e outras aplicações colaborativas são exemplos de aplicações multiponto.

Aplicações ponto-a-ponto unidirecional: este tipo de aplicação exige interatividade, porém o tráfego de áudio e vídeo ocorre em uma única direção.

Aplicações ponto-multiponto unidirecional: neste tipo de aplicação, a comunicação de dados multimídia ocorre sempre em um único sentido. O conteúdo recebido por cada ponto de recepção é idêntico e simultâneo (desconsiderando as diferenças de retardo no tráfego dos dados pelas diversas subredes).

4.3.2 – Características e Limitações do Tráfego de uma Videoconferência

Apesar da evolução das técnicas de digitalização e compactação de dados, na maioria das vezes, a qualidade de áudio e vídeo em uma aplicação será sempre proporcional a quantidade de dados a serem transmitidos. Logo, a garantia da qualidade de uma aplicação multimídia dependerá diretamente da capacidade e da qualidade da transmissão dos meios de comunicação utilizados.

A primeira preocupação que vem a mente de um implementador de uma aplicação de videoconferência é a *Largura de Banda* necessária para atender aos requisitos da aplicação. Como exemplo, uma sessão de videoconferência utilizando uma resolução CIF (256 cores com 30 quadros por segundo) gera uma demanda de 24.33 Mbps, sem compactação.

Utilizando a técnica de compressão proposta pelo H.261 da ITU-T, a realização de uma sessão de videoconferência, com os parâmetros propostos no parágrafo anterior, permite a utilização de uma taxa a partir de 384 Kbps. Portanto, a alocação exagerada de banda pode significar desperdício e custo, um vez que pode não ser utilizada. Porém, como a taxa de 384 Kbps, não tem um custo ainda acessível, na maioria das vezes soluções que

comprometem a qualidade do vídeo precisam ser adotadas, como por exemplo, a redução do número de quadros por segundo, da resolução das imagens e da quantidade de cores.

Para atender as demandas de largura de banda de uma aplicação de videoconferência uma infra-estrutura de redes pode oferecer duas alternativas principais: a primeira, alocar banda suficiente para o valor de pico gerado pela transmissão do áudio e vídeo da aplicação, a segunda, alocar somente o valor médio de largura de banda necessária.

Como os algoritmos de digitalização e compactação podem requisitar taxas variáveis para transmissão dos dados gerados, na primeira solução, quando não se utiliza uma infraestrutura com provisão de QoS, ocorre o desperdício do recurso. Isso torna essa alternativa quase inviável, visto que a largura de banda é um dos recursos mais caro dentro da infra-estrutura de uma rede.

Na segunda solução, geralmente o meio é compartilhado com uma série de outras aplicações que possuem características de tráfego distintas. Presumindo-se que a aplicação multimídia possua prioridade, a consequência inevitável é o comprometimento do tráfego dos outros dados da rede nos momentos de pico. E, caso não exista o estabelecimento de prioridades, o próprio tráfego da aplicação de videoconferência fica comprometido.

Um outro problema que deve ser tratado com igual atenção é o *atraso* (delay). O atraso ou retardo é definido como: o tempo decorrido entre o envio do dado de sua origem à chegada ao seu destino. Esse tempo é calculado pelo somatório do retardo acumulado pela transferência dos dados entre todos os nós da rede, situados entre a origem e o destino. Esse tempo inclui: os *tempos de enfileiramento*, *tempo de processamento* dos dados e *tempo de propagação* pelo meio de transmissão.

As aplicações multimídia exigem o máximo de desempenho da infra-estrutura de redes, pois apresentam baixa tolerância aos atrasos de transmissão. A viabilidade muitas aplicações multimídia em redes está relacionada diretamente com o atraso. A videoconferência, especificamente, é duplamente exigente. Além do grau de interação que impõe a necessidade de transmissão mais rápida possível, o atraso é percebido pelo usuário com o maior intensidade, uma vez que o tráfego sofre retardo na ida e novamente no retorno.

As técnicas utilizadas para minimizar a variação do atraso devem prever um outro obstáculo, a o próprio *atraso*. O problema da variação do atraso, também conhecido como “jitter”, ocorre quando o retardo apresentado pelo enlace de rede não é constante, acarretando em tempos de atraso diferentes de um pacote de bits para outro. A consequência é a exibição de conteúdo fora de sincronia no destino, ou até mesmo sua perda.

O “bufferização” é a técnica mais utilizada para solucionar o problema do *jitter*. Nos primeiros instantes de recebimento do áudio e vídeo, os bits são armazenados em um buffer². A técnica de bufferização também é utilizada para solucionar problemas de atraso [Giroux99].

4.3.3 – Videoconferência e a Qualidade de Serviço.

Qualidade de Serviço (QoS) é definida pela ISO como o "efeito coletivo do desempenho de um serviço, o qual determina o grau de satisfação de um usuário do serviço" [ISO96]. Como pode se observar, a definição de qualidade de serviço é bastante abrangente e deve ser mais bem definida para o problema específico que se deseja tratar, ou ainda para a solução adotada para resolver o problema [Goulart99]. Em Sistemas multimídia distribuídos, a qualidade de serviço pode ser definida como “a representação do conjunto de características qualitativas e quantitativas de um sistema multimídia distribuído necessários para alcançar a funcionalidade requerida de uma aplicação” [Vogel95].

O processamento da QoS em sistemas multimídia distribuídos, como é o caso de uma videoconferência, envolve uma série de tarefas que podem ser resumidas nos seguintes passos: (i) estimar os requisitos da QoS do ponto de vista do usuário, de acordo com seus desejos subjetivos ou sua satisfação com a qualidade da aplicação (apresentação, sincronização, custo, etc); (ii) mapear as estimativas em parâmetros reais da QoS para os componentes dos sistemas envolvidos na aplicação multimídia (por exemplo, o tipo de vídeo escolhido é expresso em termos de sua resolução e taxa de quadros por segundo, e isso é mapeado em requisitos de vazão); e (iii) negociar com os componentes do sistema

² **Buffer:** Pequena memória intermediária, que geralmente se situa em pontos de contenção em um sistema, onde informações são armazenadas provisoriamente até que o dispositivo de destino esteja pronto a recebê-las.

para alcançar a QoS desejada, ou seja, garantir que os parâmetros desejados sejam consistentemente satisfeitos por todos os componentes do sistema.

Embora a QoS seja objeto de interesse em muitas áreas, podemos inseri-la definitivamente como elemento indispensável à concepção de aplicações de videoconferência desenvolvidas para redes de computadores. A justificativa para isso é muito simples: a ausência de QoS pode comprometer, de diversas maneiras, a qualidade do áudio e vídeo transmitido.

3.3.4 – O padrão H.323

Tendo como foco o TCP/IP e a Internet, em maio de 1995, a ITU-T iniciou a definição do H.323 que foi aprovado em maio de 1995. O H.323 foi projetado para adaptar as funcionalidades do padrão H.320, projetado para ser utilizado em redes ISDN, em redes de comutação de pacotes, e torná-lo um padrão independente em relação a camada de transporte, de forma a permitir seu funcionamento em qualquer infra-estrutura de ligação inter-redes, incluindo ATM [www07].

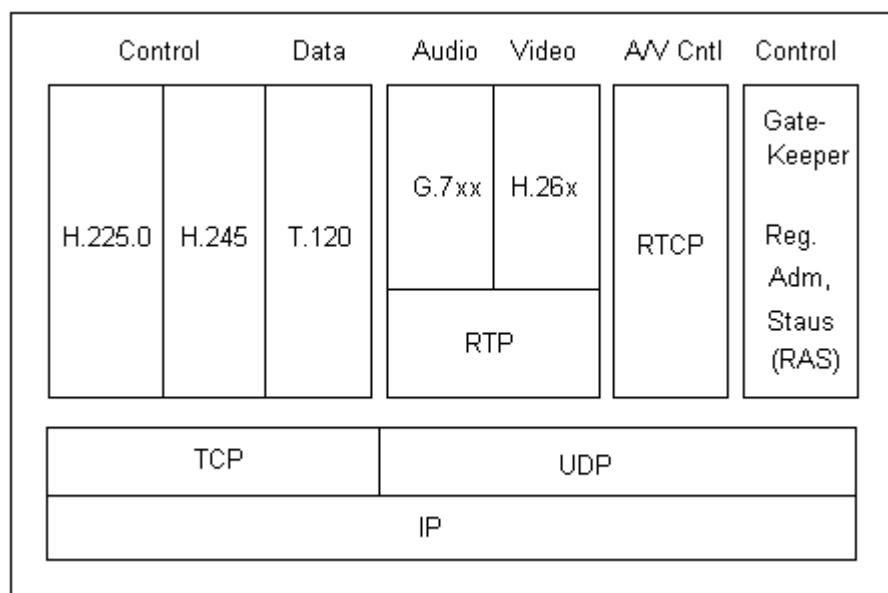


Figura 3.5 – Relacionamento entre os padrões e o TCP/IP

Quando utilizado em redes TCP/IP, os dados de controle e gerência são enviados utilizando o TCP, e dados de áudio e vídeo são transportados sobre UDP [Elgebaly98] ou RTP [www08]. Na Figura 3.5, pode-se observar o relacionamento entre os padrões e as

camadas do TCP/IP. Para compactação o H.323 implementa como padrão o H.263 e a criptografia é definida no padrão H.235. Ele possui capacidades de transmissão unicast e multicast [www09].

O H.323 especifica o uso do protocolo T.120 para serviços de transmissão de dados para aplicações utilizadas em conjunto com sessões de videoconferência (quadro compartilhado, por exemplo). Esse protocolo pode ser utilizado, também, como camada de transporte para a transmissão de dados das aplicações compartilhadas em uso na sessão de videoconferência. Um sumário da recomendação H.323 pode ser obtido em [www10].

3.5 – Aplicações da Videoconferência

A videoconferência pode ser aplicada de forma prática em um conjunto amplo de atividades. Entre as atividades que já fazem uso da videoconferência podemos citar como principais: o uso corporativo, a videotelefonia, a telemedicina, e a educação à distância.

Em ambientes corporativos, a videoconferência pode reduzir os custos de passagens aéreas, diárias e outras despesas referentes a viagens, com a realização de reuniões virtuais. Esse tipo de reunião pode ainda ser documentada através do registro do áudio e vídeo da videoconferência e ainda disponibilizadas em formato digital. Uma outra aplicação corporativa, já adotada por bancos e companhias comerciais no exterior [www08], é a utilização de áudio e vídeo para atendimento interativo a clientes.

A videofonia adiciona ao serviço de telefonia a possibilidade de transmissão de imagens proporcionando uma maior interatividade na comunicação pessoal. Lançado no Japão, em outubro de 2001, provocou uma corrida as lojas, vendendo em um só dia, em uma das revendas, o número de 4.000 unidades. Ainda é cedo para analisar o impacto da videofonia na comunicação pessoal, mas parece que o telefone parecerá, em breve, tão arcaico quanto os correios são considerados em relação ao e-mail.

Para a medicina a videoconferência tem um uso relevante. O diagnóstico de pacientes a distância, a ensino a distância da medicina, a realização de cirurgias controladas a distância são consideradas uma revolução na medicina. No entanto, a Telemedicina exige altíssima qualidade de imagens. “A alta definição das imagens e vídeos são fatores cruciais

no processo de diagnóstico dos casos médicos que utilizam tais recursos como fontes de informações” [www11].

Talvez, entre todas as possibilidades de uso da videoconferência, a mais atraente seja a o uso na EAD. Em primeiro lugar, porque ela permite que se leva a educação a pessoas, muitas vezes, excluídas do processo de aprendizagem por alguma limitação espaço temporal. Podemos tomar como exemplos: presidiários, deficientes físicos, enfermos, trabalhadores rurais e outros.

Como discutido no Tópico 2.1.4 do Capítulo II, a educação está passando por uma grande transformação, refletindo sobre antigos paradigmas e se abrindo a novas concepções. O uso da videoconferência pode permitir a personalização do processo de formação do aluno, respeitando suas características e necessidades específicas. Ela é mais um instrumento a ser explorado pelas novas estratégias educacionais[www11].

3.6 – Ferramentas de Videoconferência Relacionadas

Alguns produtos para videoconferência foram colocados no mercado em meados da década de 90. Observa-se, no entanto, que o momento atual é bastante favorável visto que, a largura de banda se torna progressivamente mais disponível, problemas com a qualidade de serviço estão sendo resolvidos, padrões já estão definidos e a cultura de telecomunicações está se transformando.

Atentas essa demanda em potencial, grandes empresas estão investindo em soluções para esta área. A SUN oferece soluções para o ambiente de computadores por ela fabricados. A Polycom aposta no padrão H.323, a CISCO investe em dispositivos voltados para o provimento de vídeo sob demanda (VOD) para o mundo corporativo, a Microsoft investe em soluções para os computadores pessoais e a PictureTel oferece diversos produtos (CODEC, Gateway, IMUX, Gatekeeper e MCU) para uso em auditórios, voltados para as aplicações profissionais, baseados principalmente no padrão H.320 [Bordignon2001].

Algumas empresas estão investindo também na produção de softwares para videoconferência. Entre as soluções mais conhecidas podem ser citadas: CU-SeeMe, DataBeam, Future Labs, InSoft, Windows Media Technologies, Vivo e VDOnet. Entre

estas soluções relacionadas, serão abordadas suas soluções que se assemelham ao trabalho aqui proposto por serem de baixo custo para utilização e por permitirem a utilização da infra-estrutura da Internet.

3.6.1 – CU-See-Me

O CU-See-Me nasceu de uma iniciativa acadêmica e foi um dos primeiros CODECs baseados em software que aderiu ao H.323. Tornou-se mundialmente conhecido por ser gratuito (inicialmente) e por seu suporte a várias plataformas.

Atualmente são vendidas três versões diferentes do produto: o CU-See-me, o CU-See-Me Pro e o MeetingPoint. Este último, desenvolvido para ambientes corporativos, controla o uso da largura de banda, trabalha com multicast, permite autenticação do usuário e ainda oferece facilidades para realização e tarifação de sessões de videoconferência [www12].

A performance desta aplicação depende do hardware utilizado. O fabricante recomenda como configuração mínima um Pentium III 450 MHz, com 256 MB de memória RAM e 30 MB de espaço livre em disco. Salienta-se também o cuidado de não permitir a concorrência da aplicação com outros processos, quando utilizado um sistema operacional multitarefa.

3.6.2 – Windows Media Technologies

O Windows Media Technologies é um conjunto de produtos para uso de multimídia em computadores pessoais. Entre os vários produtos se destaca o NetMeeting, que é um CODEC baseado em software, em conformidade com os padrões H.323 e T.120, para uso de computadores com sistema operacional Windows, distribuído gratuitamente, com funcionalidades semelhantes às do Cu-See-Me.

Por ser distribuído junto com o Sistema Operacional Windows, o NetMeeting é hoje tão ou mais popular que o CU-See-Me. As características que marcam a última versão disponibilizada (versão 3.01) são a simplicidade de uso e a aderência aos padrões abertos. Ele suporta câmeras de baixo custo do mercado e permite: que uma sessão seja iniciada através de e-mail, o tratamento de aspectos de segurança, a transferência de arquivos, o uso

do bate papo e o uso compartilhado do Whiteboard (área comum para anotações e troca de informações) [www13].

3.7 – Considerações Finais

Neste Capítulo foram apresentados conceitos importantes sobre videoconferência. Esses conceitos, associados as discussões sobre EAD apresentadas no Capítulo II, fornecem subsídios necessários ao processo de concepção da solução de distribuição para aplicações de videoconferência proposta neste trabalho de dissertação.

Com base nesses conceitos, o próximo capítulo relaciona e discute um conjunto de requisitos básicos necessários a uma aplicação de videoconferência concebida para a educação tecnológica à distância.

Capítulo IV - Concepção de uma Aplicação de Videoconferência para ETD

4.1 – Requisitos Básicos

Como já mencionado no Tópico 1.3 do Capítulo I, este trabalho apresenta a concepção de uma solução de distribuição de recursos para ferramentas de EAD, bem como a modelagem e a implementação de uma Aplicação de Videoconferência para ETD, o AVET, agregada ao núcleo de gestão do INVENTE, um ambiente de educação à distância projetado com base nos pressupostos [Moura99] e nas dimensões críticas [Soares2001] da ETD.

O primeiro passo na concepção do AVET, foi conceituar o que seria uma aplicação de videoconferência no contexto da ETD. O conceito de videoconferência encontrado na literatura em geral [Soares98, Fluckiger95], “*serviço onde trafegam sinais de áudio e vídeo, controle, documentos textuais e imagens estáticas em tempo real*”, não retrata todas as funcionalidades necessárias a uma aplicação de videoconferência para um ambiente de educação à distância baseado nos pressupostos e dimensões críticas da ETD discutidas no Capítulo II desta Dissertação.

4.1.1 – Videoconferência no Contexto da ETD

Segundo [Moura99] a educação tecnológica tem como pressupostos básicos: o uso da realidade virtual, a exploração de recursos de áudio e vídeo, a utilização de infraestrutura com provisão de qualidade de serviço (QoS) e a possibilidade de agregação de aplicações de domínio específico e de outras não previstas durante a concepção do ambiente virtual. Para [Soares2001], na concepção de um ambiente de educação a distância existem conceitos que devem ser tratados com uma especial atenção. Ele chamou esses conceitos de dimensões críticas e ressaltou como principais: a adaptação cultural, a exploração adequada dos sentidos e a flexibilização do ambiente virtual.

Após uma reflexão sobre os pressupostos e dimensões críticas da ETD e as características de uma aplicação de videoconferência, chegou-se a conclusão de que outras funcionalidades precisam ser agregadas a uma videoconferência padrão para que ela atenda

aos propósitos da educação tecnológica à distância. As principais funcionalidades a serem agregadas são:

Capacidade de apresentação e manipulação de hipermídias: a transmissão em tempo real de documentos hipermídia entre os participantes de uma videoconferência enriquece a interação. Durante uma sessão de videoconferência, por exemplo, um professor pode ilustrar sua exposição utilizando recursos visuais complementares, tais como: uma imagem, um texto, um áudio ou até mesmo um vídeo acessado sob demanda. Fazendo uma analogia com o sistema tradicional de ensino, durante uma aula presencial, o professor pode utilizar recursos audiovisuais para ilustrar o conteúdo apresentado. Para isso ele utiliza instrumentos de apoio, tais como: videocassete, projetor de slides, datashow, retroprojetor e impressos.

Uso de laboratórios virtuais para realização de experiências e simulações: o uso da realidade virtual é um dos pressupostos do ensino tecnológico ressaltadas em [Moura99]. Realizar experimentos em um ambiente de educação a distância não é uma tarefa simples. Uma das formas encontradas para realização de experiências de forma colaborativa à distância é através de simulações utilizando realidade virtual. Laboratórios virtuais podem ser criados. Os usuários podem entrar nesses laboratórios virtuais e manipular de forma colaborativa objetos. Em um laboratório virtual de eletrônica, por exemplo, um professor poderia demonstrar como um componente é fixado em uma placa de circuito utilizando um “ferro de solda”, depois, poderia escolher um aluno para repetir o procedimento. É verdade que os laboratórios virtuais são um recurso limitado por não permitirem o desenvolvimento da habilidade motora dos alunos, porém, é um instrumento valioso na simulação de ambientes colaborativos à distância [Leite2000].

Priorização no uso dos Recursos: é importante que as mídias transmitidas durante uma videoconferência possam ter níveis diferentes de prioridade. No ambiente de videoconferência aqui proposto, o foco das atenções não é o áudio e o vídeo do transmissor, mas sim o funcionamento do ambiente como um todo na tentativa de promover o melhor aprendizado possível. Neste sentido, a transmissão de uma imagem, detalhando um tópico do assunto exposto, pode ter uma prioridade maior que a transmissão do vídeo do professor falando. Observa-se que o vídeo do professor em um ambiente de videoconferência

proporciona um forte sentimento de presença, importante para facilitar o processo de comunicação. No entanto, o aprendizado do aluno será resultado de sua interação com todo o ambiente, visualizando as imagens transmitidas, observando e enviando perguntas através do chat, realizando experiências colaborativas em um laboratório virtual e respondendo exercícios em tempo real. Portanto a qualidade do áudio e do vídeo do professor, de acordo com os recursos de rede disponíveis, pode ser reduzida em benefício da qualidade das imagens, textos, áudio e vídeo transmitidos sobre o assunto exposto.

Com base nessas funcionalidades necessárias a um ambiente de videoconferência para a ETD, pode-se definir o conceito de videoconferência neste contexto como: *um serviço com suporte à transmissão de áudio e vídeo, sinais de controle e documentos hipermídia, que utilize realidade virtual, e que seja capaz permitir que se priorize a alocação dos recursos de rede disponíveis.* Esse novo conceito apresenta três novos elementos ao conceito original: *a transmissão de documentos hipermídia em tempo real, a utilização de realidade virtual e a capacidade de se priorizar o uso dos recursos.*

4.1.2 – Novas Dimensões Críticas para ETD

No Tópico 2.4 do Capítulo II, as dimensões críticas da ETD discutidas em [Soares2001] são relacionadas. Através de uma reflexão sobre as dimensões críticas da EAD discutidas em [Hazemi98], é proposto, neste trabalho, o destaque de duas outras dimensões críticas para um ambiente de ETD: o compartilhamento do espaço-tempo e a colaboração em tempo real.

O Compartilhamento do tempo e do espaço: em ambientes presenciais, compartilhar o tempo e o espaço requer um certo nível de controle para que determinados indivíduos não monopolizem o uso dos recursos do ambiente. Em uma sala de aula presencial, por exemplo, um professor pode incentivar a participação de um aluno tímido ou inibir um aluno que participa além do desejado. Além disso, recursos (computadores, instrumentos para experiências, etc), muitas vezes escassos, precisam ser compartilhados de forma democrática para que todos possam tirar proveito das aulas práticas. Em um ambiente virtual, voltado para a educação à distância, a realidade não é muito diferente. Os recursos (áudio e vídeo, comunicação textual, documentos hipermítida, laboratórios virtuais) precisam ser utilizados de forma compartilhada. Para isso, são necessários mecanismos que

garantam a igualdade no uso dos recursos. Em uma sessão colaborativa de videoconferência, por exemplo, não deve existir a possibilidade de um participante monopolizar a transmissão de áudio e vídeo durante todo o tempo da sessão sem deixar que outros tenham acesso a esse recurso. Realizar esse controle de forma justa e segura não é uma tarefa simples, por isso consideramos que o *compartilhamento de tempo e espaço em ambientes virtuais* deve ser tratado com especial atenção.

Promover a colaboração em tempo real: um outro cuidado, ao se projetar um ambiente virtual, é não torná-lo um ambiente fechado às contribuições dos aprendizes. Tão importante quanto poder acessar os recursos de um ambiente de aprendizagem virtual é poder contribuir com o mesmo. Esse tipo de aprendizado, onde todos colaboram na construção do conhecimento pode existir em ambientes virtuais de forma síncrona ou assíncrona. *Promover a colaboração em tempo real*, ou seja, de forma síncrona, em um ambiente virtual, requer mecanismos complexos de coordenação e controle. Ao mesmo tempo em que esses mecanismos devem promover a colaboração em uma conferência, devem também controlar as ações do participante, de forma que um não atrapalhe ou prejudique o procedimento de outro. No uso de um quadro compartilhado, por exemplo, devido ao retardo na transmissão dos dados pela rede, dois participantes, durante a elaboração de um desenho, podem traçar um risco no quadro ao mesmo tempo sem perceberem, obtendo no final um resultado inesperado. Ao projetar uma aplicação colaborativa, é necessário que sejam definidas atitudes a serem tomadas em situações desse tipo.

Durante a concepção e projeto do AVET, além das dimensões críticas relacionadas em [Soares2001], o *compartilhamento do tempo e do espaço e a colaboração em tempo real* foram tratados como conceitos que merecem uma atenção especial, ou seja, foram tratados também como dimensões críticas da ETD.

4.1.3 – Definição de Requisitos Básicos

Tomando como base os pressupostos da Educação Tecnológica, definidas em [Moura99], e as dimensões críticas da ETD, foi definido um conjunto de *requisitos básicos* considerados necessários a uma aplicação de videoconferência projetada para a ETD. Esses requisitos são:

Requisito I – Orientação a Objetos: O projeto e o desenvolvimento da aplicação deve utilizar a tecnologia de orientação a objetos. A área de engenharia de software desenvolveu nas últimas décadas uma nova tecnologia que, nos últimos anos, passou a ser utilizada maciçamente e revolucionou a análise e projeto de sistemas, a “orientação a objetos” [Booch97]. O uso dessa tecnologia contribui com a elaboração de aplicações dentro dos padrões de qualidade de software exigidos e permite a concepção de um ambiente configuráveis e extensíveis. Por esse motivo, o projeto da aplicação aqui proposta utiliza uma metodologia de análise e projeto baseados em objetos. O projeto prevê a configuração do ambiente pelo administrador e pelos usuários, e também a possibilidade de ampliar o ambiente agregando novas funcionalidades sem que haja um esforço exagerado de programação. Atendendo a este requisito, a aplicação estará mais próxima de atender também a dimensão crítica da *“Flexibilização do Ambiente Virtual”* ressaltada por Marques.

Requisito II – Distribuição de Recursos: A aplicação deve permitir a distribuição dos recursos. Um ambiente de videoconferência, no contexto da ETD, lida com recursos multimídia. Como discutido no Tópico 3.3.2 do Capítulo III, esse tipo de aplicação exige muito da infra-estrutura de rede disponível e do processamento dos equipamentos envolvidos. Para atender a essa demanda, é necessária a distribuição do processamento (serviços) e dos recursos (textos, imagens, áudio e vídeo) por vários nós na rede. Essa distribuição, no entanto, deve ser feita de forma transparente para o usuário.

Requisito III – Interface de Fácil Adaptação Cultural: A aplicação deve possuir uma interface de fácil adaptação cultural. A facilidade com a qual o usuário se adapta ao ambiente de aprendizagem é um problema que deve ser tratado com atenção. A interface projetada deve levar em conta os possíveis conhecimentos e experiências dos usuários. *A aparência, a metáfora e a linguagem utilizada* devem permitir uma comunicação intuitiva do usuário com o ambiente.

Requisito IV – Resolução de Conflitos: A aplicação deve garantir o acesso justo aos recursos do ambiente. Ressaltados como dimensões críticas para ETD, *o compartilhamento de recursos e a colaboração em tempo real* dentro do ambiente foram tratados com uma atenção especial. Para garantir o acesso justo aos recursos do ambiente e permitir a

colaboração entre os participantes de uma sessão de videoconferência, é necessário um algoritmo que controle a prioridade dos participantes no acesso aos recursos compartilhados.

Requisito V – Qualidade de Serviço: a aplicação deve prover a negociação de parâmetros de Qualidade de Serviço. Como discutido no Tópico 3.3.3 do Capítulo 3, foi ressaltado a necessidade de negociação de qualidade de serviços (QoS) de aplicações multimídia com a infra-estrutura de comunicação disponível. Só assim pode ser garantida alguma qualidade mínima de serviço em uma videoconferência.

É apresentada a seguir uma concepção inicial do AVET, procurando atender, na medida do possível, aos requisitos básicos enumerados nesta sessão.

4.2 – Requisito I – Orientação a Objetos

A Modelagem e o Projeto Baseados em Objetos é um modo de estudar problemas, utilizando modelos organizados em torno de conceitos do mundo real. A construção fundamental é o Objeto, que combina a estrutura (atributos) e o comportamento (operações) dos dados em uma única entidade [Rumbaugh94].

4.2.1 – Metodologia Adotada

O desenvolvimento de aplicações orientadas a objetos provê uma engenhosa reutilização de código. Para permitir a flexibilização da aplicação, aqui se entenda por flexibilização a possibilidade de configurar e estender suas funcionalidades, é adotada uma metodologia de análise e projeto orientada a objetos. Como instrumento de apoio à metodologia, foi utilizada a Unified Modeling Language (UML) [Booch99].

Com base na metodologia adotada, o desenvolvimento do protótipo da aplicação de videoconferência foi dividido em cinco fases:

Análise de Requisitos (concepção): durante esta fase, foram analisados com mais detalhes os requisitos de funcionalidade e interface necessários ao ambiente, tomando como base os pressupostos e as dimensões críticas da ETD.

Análise do Sistema: o objetivo desta fase foi desenvolver um modelo de "o que" a aplicação faz. Este modelo está expresso em termos de *diagramas de classes*, *diagramas de casos de usos* e *diagramas de colaboração*.

Projeto do Sistema: foi determinada a estrutura de alto nível do sistema, preocupando-se com atividades como a organização dos subsistemas, a definição das estratégias de implementação dos depósitos de dados, a identificação de recursos, o estabelecimento de prioridades, etc.

Projeto de Objetos: nesta etapa foram elaborados os detalhes necessários à implementação do sistema, sem contudo considerar detalhes da linguagem ou do sistema de banco de dados. O projeto de objetos afasta-se da orientação do mundo real retratado no modelo de análise, aproximando-se da orientação para o computador, necessária para uma implementação do sistema.

Implementação: nesta fase as classes de objetos e os relacionamentos desenvolvidos durante o projeto foram traduzidos para a linguagem de programação Java, e para uma implementação de banco de dados específica.

4.3 – Requisito II - Distribuição de Recursos

Para atender ao requisito de distribuição dos serviços e recursos, o AVET é concebido como um conjunto de *Objetos Distribuídos*. Objetos distribuídos são objetos que podem residir em qualquer local de uma rede de computadores. Objetos distribuídos são empacotados como pedaços independentes de código que podem ser acessados por clientes remotos através da invocação remota de métodos. Os clientes não precisam saber onde os objetos distribuídos se encontram ou qual sistema operacional está sendo executado. Eles podem estar na mesma máquina ou em máquinas localizadas no outro lado do mundo [Orfali96].

Um sistema de rede consiste de um conjunto de computadores autônomos, com sistemas operacionais independentes, conectados formando uma rede. Em um sistema de rede, as interações entre os sistemas individuais são essencialmente para transferir arquivos, utilizando sessões ponto-a-ponto que podem até ser longas e duradouras. A interação é assim, mais em forma de comunicação do que cooperação. Sistemas Distribuídos são, essencialmente, uma extensão de sistemas de redes, onde da interação é esperado incluir comunicação e cooperação, ou seja, “*uma coleção de computadores autônomos ligados por uma rede, com software projetado para produzir uma facilidade de computação integrada*” [Riccioni2000].

4.3.1 – Uma Aplicação Cliente/Servidor com Objetos Distribuídos

Para permitir a distribuição dos recursos e dos serviços providos pela aplicação, o AVET é projetado como um sistemas distribuído orientado a objetos. As entidades funcionais da aplicação, são implementadas como objetos distribuídos que se comunicam através da invocação remota de métodos [Tanenbaum95]. Esses objetos foram denominados de:

- Servidor de Gestão do Ambiente (SGA);
- Gerenciador de Serviços Distribuídos (GSD);
- Servidor de Distribuição de Mídias (SDM);
- Servidor de Comunicação Textual (SCT);
- Servidor de Distribuição de Hiperímídia (SDH);
- Servidor de Realidade Virtual (SRV);
- Servidor de Armazenamento de Mídias (SAM);

É apresentada a seguir, uma breve descrição dos aspectos funcionais de cada um desses objetos. No Capítulo VI desta dissertação, serão apresentados maiores detalhes sobre o projeto dos objetos que fazem parte do escopo de implementação desta Dissertação (ver Capítulo VI, Tópico 6.1.3).

O *Servidor de Gestão do Ambiente*, ou simplesmente SGA, agrega o AVET ao INVENTE, e é parte integrante *do núcleo de gestão* do ambiente virtual. O SGA torna possível a abstração de detalhes técnicos dos recursos de rede utilizados pela aplicação, tornando-os transparentes ao usuário. É responsável também por prover a interface utilizada para interação entre os usuários do INVENTE e a aplicação de videoconferência. Ao ser acionado pelo usuário, através do INVENTE, o servidor de gestão recebe o contexto atual de navegação, ou seja, recebe informações sobre o autor que está utilizando o ambiente e sobre o curso e a disciplina na qual ele está “navegando”. A partir dessas informações o servidor de gestão permite ao usuário:

- ✓ Agendar ou alterar os dados de uma sessão de videoconferência;
- ✓ Visualizar as informações sobre uma sessão agendada;
- ✓ Visualizar as sessões em andamento em um determinado instante e
- ✓ Entrar em uma sessão em andamento.

Quando uma sessão é agendada, são registradas informações, de acordo com as recomendações para pré-conferência da ITU-T [Duran97], discutidas no Capítulo III desta dissertação. Entre outras informações são registrados: o tipo da sessão (aula presencial, sessão colaborativa, palestra, etc.), ações solicitadas (gravação do áudio e vídeo, armazenamento das interações textuais, etc.), hora de início e término da sessão, número previsto de participantes, parâmetros de qualidade de serviço, tolerância de tempo para entrada dos participantes na sessão, etc.

A outra função do SGA é mapear as ações solicitadas pelos usuários em mensagens que são repassadas ao GSD, que realiza as operações de gerência e controle da aplicação.

O *Gerenciador de Serviços Distribuídos*, ou GSD, centraliza as informações e ações de gerência e controle do AVET. Ele gerencia um domínio específico, ou seja: um conjunto de sessões em andamento, as mídias utilizadas em cada sessão e os membros que transmitem e recebem. Em outras palavras, ele controla quem está recebendo e transmitindo áudio e vídeo, hipermídias, mensagens textuais, e ainda que está interagindo em um laboratório virtual. Ele também fornece as informações necessárias à atualização do contexto dos usuários e sincronização das mídias no ambiente.

O *Servidor de Distribuição de Mídias*, ou simplesmente SDM, É responsável pelo controle, recepção e transmissão dos fluxos de áudio e vídeo. Pode também gerar conteúdo em formatos diversos, armazenando em disco para acesso posterior (sob demanda). No AVET, o SDM pode distribuir mídias para várias sessões ao mesmo tempo.

O *Servidor de Comunicação Textual*, ou SCT, é responsável pelo recebimento e distribuição de mensagens textuais enviadas pelos usuários durante uma sessão de videoconferência.

O SCT também permite que as mensagens distribuídas durante uma sessão sejam armazenadas em um banco de dados para acesso posterior sob demanda. Ao ser armazenada, uma mensagem fica associada ao momento preciso de seu envio em relação ao tempo de início da conferência, e a identificação do usuário que a enviou.

O *Servidor de Distribuição de Hipermídias*, ou SDH, é responsável pela distribuição das mídias a serem visualizadas em um *Quadro Hipermídia* (ver Capítulo II, Tópico 2.2.3). As mídias podem ser: imagens, textos, e vídeo sob demanda. O SDH, além

de apresentar as mídias deve também permitir o acesso compartilhado a alguns dos recursos apresentados. São algumas das funcionalidades do SDH:

- apresentação de slides (imagens e textos);
- apresentação de áudio e vídeo sob demanda;
- controle do quadro negro de uso compartilhado e
- aplicação de avaliações e exercícios em tempo real;

O *Servidor de Realidade Virtual*, ou SRV, é responsável pela coordenação dos laboratórios virtuais distribuídos. O SRV recebe mensagens que representam ações realizadas pelos participantes da videoconferência dentro de um laboratório virtual específico. Após o tratamento da mensagem ele realiza as ações necessárias para aplicar sobre o laboratório virtual as ações solicitadas e distribuí-las aos outros participantes.

Neste trabalho, o SRV é considerado um componente importante dentro da aplicação. Porém, seu projeto e implementação requerem um grande esforço e exige um trabalho de investigação específico. Por esse motivo, o projeto e implementação do SRV será deixado como um trabalho de extensão a essa Dissertação.

O AVET permite que as mídias distribuídas durante uma sessão de videoconferência sejam armazenadas para acesso posterior sob demanda. Para facilitar o gerenciamento dessas mídias, o conteúdo processado por todos os servidores é gravado em um *Servidor de Armazenamento de Mídias*, ou SAM. Quando a infra-estrutura utilizada provê um sistema de arquivos distribuído, os demais servidores gravam as mídias que estão sendo distribuídas, utilizando um caminho de rede que indica: o equipamento, o subdiretório e o nome do arquivo. Porém, quando não se utiliza um sistema de arquivos distribuídos, o servidor de armazenamento de mídia provê um serviço que recebe os fluxos refletidos por outros servidores através de conexões ponto-a-ponto e armazena localmente em um subdiretório específico.

4.4 – Requisito III – Interface de Fácil Adaptação Cultural

Para atender a dimensão crítica da *fácil adaptação cultural*, proposta em [Soares2001], o projeto do AVET prevê a utilização do navegador (browser) e da

tecnologia WEB para construção da camada de apresentação da aplicação, ou seja, a camada responsável pelas interações com o usuário.

4.4.1 – Porque o Navegador ?

Três fatores principais podem ser citados como motivadores ao uso do Navegador (browser) como interface para o AVET. O primeiro, e principal motivo, é cultural. Nos últimos anos a Internet tornou-se popular e praticamente todos os usuários de computador sabem utilizar um Navegador, seja ele o Internet Explorer, o Netscape Navigator ou outro. Isso facilita a adaptação do usuário a interface da aplicação.

O segundo motivo, é o conjunto de vantagens que são oferecidas pelas aplicações que utilizam a tecnologia cliente/servidor. Neste tipo de aplicação o usuário acessa os programas diretamente de um servidor. Dessa forma, o cliente não necessita instalar o software em seu equipamento. Quando uma parte do software precisa ser instalada no lado cliente, isso é feito de uma forma automática e transparente para o usuário. Isso torna possível o uso da aplicação por uma quantidade grande de usuários, sem que seja necessária toda uma estrutura de apoio para distribuição, instalação e atualização do software.

O terceiro motivo, é o fato de que o INVENTE, ambiente ao qual o AVET está integrado, também utiliza como interface o Navegador. Assim o usuário do INVENTE, ao utilizar a videoconferência, não sentirá mudanças em sua interação com o ambiente virtual como um todo.

4.4.2 – Os Elementos que Compõem a Interface

A interface concebida para o AVET é composta por cinco componentes básicos. São eles:

- O Reprodutor de Áudio e Vídeo (Player);
- A Janela de Comunicação Textual (Chat);
- A Janela de Contexto e Controle;
- O Quadro Hiperídia;
- O Laboratório Virtual;

Nesta sessão é apresentada uma breve descrição funcional sobre esses componentes. No Capítulo VI desta dissertação serão apresentados detalhes de modelagem e projeto dos objetos que fazem parte do escopo de implementação desta dissertação.

O *Reprodutor de Áudio e Vídeo* (player) permite que os participantes de uma sessão visualizem o áudio e o vídeo transmitido. Além da área de reprodução do vídeo, o player possui uma barra de componentes que permitem ao usuário exercer algumas funções de controle tais como: paralisar a reprodução do áudio e vídeo, reiniciar a reprodução e fechar a janela do player. Além dos componentes de controle, a barra do player, também possui componentes com informações tais como: situação da conexão e percentual de preenchimento do buffer.

Como a aplicação foi projetada para funcionar também sobre a infra-estrutura de redes da Internet, que possui restrições de qualidade de serviço, durante uma sessão, é possível limitar a quantidade de transmissores de vídeo, ou seja, em um determinado instante, poderá existir um só transmissor. No entanto, a qualquer momento o coordenador de uma sessão, ou o interlocutor, pode determinar um novo transmissor durante a sessão. Dessa forma, todos que possuem um dispositivo de captura disponível, podem participar da sessão transmitindo áudio e vídeo por um determinado período de tempo.

Se, quando agendada, a sessão for classificada como colaborativa, o controle de quem transmite no ambiente durante a sessão é feito de forma automática, através de um algoritmo que garante a igualdade na utilização dos recursos de transmissão. Esse algoritmo é implementado pelo GSD e será discutido no Tópico 4.5 deste Capítulo.

A *Área de Comunicação Textual*, é uma janela do navegador através da qual os usuários podem visualizar as mensagens enviadas pelos participantes da sessão e também enviar perguntas, sugestões e respostas.

Esta área tem a funcionalidade de um Chat, porém, com um maior controle e com a possibilidade de registrar o conteúdo das sessões para posterior análise e avaliação. A interface permitirá que o protagonista responsável pela coordenação da sessão, ou o interlocutor, determine quem pode ou não enviar mensagens. Os protagonistas podem também habilitar e desabilitar a recepção de mensagens.

Quando uma sessão é agendada, o coordenador pode determinar se o conteúdo exibido na área de comunicação textual deve ser gravado em arquivo. Quando as mensagens são gravadas, elas ficam associadas ao usuário que as enviou permitindo que análises posteriores possam ser realizadas sobre todo o conteúdo ou apenas sobre aquele enviado por um determinado participante.

A *Janela de Contexto e Controle* tem duas funcionalidades específicas. A primeira, é permitir que os participantes visualizem informações importantes sobre a sessão. A Segunda, é possibilitar que o coordenador, ou outros participantes, exerça um certo controle sobre o ambiente quando necessário. Para isso esta janela é dividida em dois painéis: o painel de controle e o de contexto.

Através do *painel de controle*, os protagonistas podem controlar o ambiente da sessão interativa e de seu próprio ambiente de trabalho. Algumas funcionalidades desse painel são:

- controle da transmissão de áudio e vídeo durante uma sessão;
- controle da recepção e envio de mensagens através do chat;
- controle da manipulação do quadro hipermídia e
- transferência de arquivos entre os participantes de uma sessão.

No *painel de contexto*, os participantes têm uma visão da sessão como um todo. Percebem quem está presente no ambiente, quem transmite áudio e vídeo em um determinado momento, o papel de cada protagonista e outras informações relativas ao ambiente de videoconferência.

O *Quadro Hipermídia* é utilizado para a apresentação de textos, imagens, áudio e vídeo sob demanda durante uma sessão de videoconferência. Pode ser controlado por um só participante ou ser utilizado de forma compartilhada.

O quadro hipermídia tem como objetivo principal, durante uma sessão, permitir que o coordenador utilize recursos audiovisuais complementares. Em uma aula presencial, por exemplo, um professor pode utilizar vários recursos audiovisuais tais como: um projetor multimídia, um retroprojetor, um flipchart (vira páginas), um quadro negro e impressos. O objetivo do quadro hipermídia é prover esses recursos dentro do ambiente virtual.

Entre as funcionalidades providas pelo quadro hipermídia podem ser citadas como principais:

- A utilização compartilhada de um quadro negro;
- A apresentação de slides compostos por textos e imagens;
- A apresentação de vídeo e áudio sob demanda;
- A aplicação de exercícios objetivos e subjetivos e
- A realização de avaliações objetivas e subjetivas.

Deve-se observar também que o quadro hipermídia pode ser utilizado de forma compartilhada em alguns momentos da sessão, como por exemplo quando utilizado como quadro compartilhado (ver Capítulo II, Tópico 2.3.3).

Como ressaltado no Tópico 4.1.1 deste Capítulo, um dos pressupostos da educação tecnológica à distância é a utilização de recursos multimídia para que se possa lidar com a dimensão crítica da exploração dos sentidos. O quadro hipermídia é um instrumento que possibilita a exploração dos sentidos audiovisuais em uma conferência de tempo real.

O *Laboratório Virtual* é uma janela da aplicação que permite aos participantes da sessão realizarem experiências tecnológicas de forma cooperativa, utilizando recursos de computação gráfica armazenados de forma distribuída. O laboratório virtual atende ao pressuposto da educação tecnológica que ressalta a necessidade de utilização da realidade virtual na ETD. Ele também trata da dimensão crítica da flexibilização do ambiente virtual, permitindo que aplicações de domínio específico sejam agregadas.

Por lidar com recursos de computação gráfica robustos, a utilização do laboratório virtual pressupõe um preparação antecipada do ambiente do cliente. Antes de participar de uma experiência utilizando um dos laboratórios, o usuário deve instalar em seu equipamento os recursos necessários.

Todas as ações realizadas por um usuário, dentro do laboratório, serão replicadas nas janelas dos outros participantes. O usuário deverá sentir-se dentro do laboratório e compartilhando o ambiente com os outros. Esse sentimento de presença deverá promover a cooperação dentro do ambiente.

4.5 – Requisito IV - Resolução de Conflitos

Para flexibilizar o uso da aplicação e possibilitar o trabalho e aprendizado colaborativo, o AVET permite que, ao agendar uma videoconferência, o coordenador defina o tipo de sessão a ser realizada. O tipo “*sessão de colaboração*” indica que a conferência terá características de uma atividade colaborativa.

Quando uma sessão é definida como colaborativa, o controle do ambiente não fica restrito ao coordenador e ao interlocutor. O controle é distribuído a todos os participantes da conferência, ou seja, todos os participantes podem exercer ações sobre os recursos disponíveis possibilitando a realização de tarefas dentro do ambiente de uma forma colaborativa.

No entanto, em ambientes com limitações de infra-estrutura, certos recursos não podem ser utilizados de forma paralela. Por exemplo, o uso da ferramenta de videoconferência sobre a rede Internet requer uma certa cautela em relação à distribuição do áudio e do vídeo da conferência. Uma alternativa para minimizar o uso da banda seria distribuir o áudio e o vídeo de apenas um participante da conferência por vez. Em um determinado momento, o vídeo transmitido seria do coordenador da sessão, em outro, poderia ser o do interlocutor ou ainda de um dos alunos.

Quando usuários ou processos compartilham recursos limitados em um ambiente distribuído, conflitos de concorrência no uso dos recursos podem ocorrer. Para resolver um conflito é necessário que os envolvidos possuam características de forma que possam ser identificados e selecionados para um tratamento diferenciado. Para garantir a justiça no uso dos recursos, as propriedades de distinção devem ser escolhidas de uma forma que usuários ou processos selecionados para um tratamento especial não sejam sempre os mesmos. Tradicionalmente, as soluções adotadas para resolver conflitos utilizam a atribuição de prioridades para processos ou esquemas de seleção probabilística [Chandy85].

Durante uma sessão colaborativa, dois ou mais usuários poderão entrar em conflito na tentativa de uso de um determinado recurso. A resolução do conflito requer que um dos usuários seja tratado de forma diferente dos outros para que o conflito seja resolvido em favor de um e detrimento do outro. Se não for possível diferenciar os usuários, então é impossível resolver o conflito sem utilizar um método aleatório. Isso porque nenhum

algoritmo determinístico pode selecionar um dos usuários para um tratamento diferenciado sem tomar como base uma de suas propriedades que o diferencie dos outros. Para lidar com esse problema, no AVET, cada membro de uma sessão de videoconferência, ou seja, cada usuário, possui *um código único de identificação que o distingue dentro do ambiente*.

Usualmente, não se deseja apenas resolver o conflito, mas também que o conflito seja resolvido de forma justa, isto é, conflitos não devem sempre ser resolvidos em favor de um usuário específico. Para que a resolução seja feita de forma justa é necessário que os estados do sistema obtidos durante um conflito não sejam idênticos. A informação de estado utilizada para garantir igualdade na resolução de um conflito pode residir em um simples processo (usa solução centralizada) ou pode está distribuída.

Para resolver o problema de conflitos no uso dos recursos do ambiente, o AVET utiliza um algoritmo baseado na solução do conhecido “problema do jantar dos filósofos” proposta por K. M. CHANDY e J. MISRA da universidade do Texas em Austin. O algoritmo utilizado será discutido com mais detalhes no Tópico 6.2.1 do Capítulo VI desta Dissertação.

4.6 – Requisito V - Qualidade de Serviço

Como discutido no Tópico 3.3 do Capítulo III, o projeto de uma aplicação, planejada para prover serviços que lidam com tráfego multimídia, precisa abordar o problema da qualidade de serviço sobre infra-estruturas de redes. Na arquitetura do INVENTE (Figura 2.4, Capítulo II), ambiente virtual ao qual a aplicação AVET está agregada, foi previsto um bloco de convergência para possibilitar a convivência de aplicações que utilizem mecanismos para a garantia da qualidade de serviço e de outras aplicações que não ofereçam nenhum tipo de garantia [Soares2001].

4.6.1 - O Bloco de Convergência

O objetivo do bloco de convergência é negociar requisitos de qualidade de serviço entre as aplicações agregadas ao INVENTE e o sistema de comunicação através de um serviço que seja *genérico*, não restringindo a utilização de um sistema de comunicação específico, e *adaptável*, permitindo as adequações ou configurações necessárias para sua utilização em ambientes de comunicação específicos [Cecílio97].

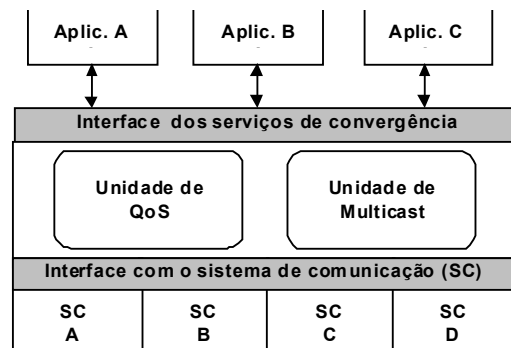


Figura 4.1 –Arquitetura do Bloco de Convergência

Como se pode observar na Figura 4.3, através de primitivas, que formam a interface dos serviços de convergência, os processos de sinalização e comunicação de dados entre as aplicações e o sistema de comunicação são desencadeados. Assim, o Bloco de Convergência funciona como um mediador entre as aplicações e o sistema de comunicação, realizando os mapeamentos necessários entre a interface genérica e o sistema de comunicação específico, suprindo deficiências deste último, quando necessário, e aproveitando ao máximo os serviços nativos.

O núcleo do bloco de convergência é composto por uma *unidade de QoS* e uma *unidade de multicast*. A primeira oferece uma interface padronizada para utilização dos mecanismos de negociação de requisitos de qualidade de serviços. A segunda oferece uma interface para acesso aos mecanismos de atribuição e de resolução de endereços de grupo.

O serviço de convergência é composto por um conjunto de classes abstratas que podem ser especializadas. A especialização destas classes fornece a implementação necessária para cada tipo de sistema de comunicação.

Em [Soares2001], a implementação do bloco de convergência, que compõe a arquitetura do INVENTE, está prevista para 4ª fase de desenvolvimento do ambiente. Na tentativa de prover subsídios para a futura implementação do bloco de convergência bem como prover alternativas para negociação de qualidade de serviços com as infra-estruturas disponíveis de redes, o projeto do AVET especifica um conjunto de informações sobre a infra-estrutura que devem ser registradas pelo administrador do ambiente. Essa informações

também dão subsídios aos usuários da aplicação para tomarem decisões quanto ao uso, ou não, de determinados recursos multimídia.

4.6.2 – Caracterização do Tráfego Multimídia e da Infra-estrutura disponível

A negociação de QoS na infra-estrutura da Internet ainda não é uma realidade. Ainda não existe uma homogeneidade nas soluções adotadas pelos provedores de serviços e os investimentos em hardware e infra-estrutura de comunicação ainda vão demandar algum tempo [Gomes99].

Mas observa-se também que usuários que se conectavam, há bem pouco tempo, a uma taxa de transmissão de 14 kbps (kbits por segundo), hoje, têm acesso a taxas de 256 kbps a custos relativamente acessíveis. Apesar de não ter nenhuma garantia de qualidade de serviço, já que a Internet prover um serviço “best effort” [Menezes2000], ou seja, provê a melhor qualidade de serviços possível de acordo com os recursos disponíveis, os usuários percebem que serviços que utilizam recursos multimídia, tais como áudio e vídeo, que até pouco tempo eram totalmente inviáveis, hoje são uma realidade na Internet. É possível hoje, apesar dos possíveis aborrecimentos com problemas na transmissão, escutar rádio através da internet, assistir trailers de filmes e assistir noticiários transmitidos do outro lado do mundo.

Uma solução que vem, progressivamente, sendo adotada por serviços que provêm recursos multimídia através da Internet, é a disponibilização das mídias em diferentes formatos. Um trailer de um filme, por exemplo, pode estar disponível aos usuários da rede em uma qualidade inferior, adequada para quem possui conexões a uma taxa de 56kbps, ou ainda, em uma qualidade superior, para quem possui uma conexão de 256kbps. Ao disponibilizar a mídia, essas informações são passadas ao usuário final que decide qual formato será mais adequado ao seu tipo de conexão.

No AVET, ao se agendar uma sessão de videoconferência, dependendo dos recursos que serão utilizados e da qualidade do vídeo a ser transmitido, o coordenador da sessão pode definir o tipo de conexão mais adequada para que o usuário possa participar da sessão, minimizando os problemas de QoS presentes na infra-estrutura utilizada. Quando o usuário navega na aplicação para entrar em uma das sessões em andamento, ele terá acesso a essas informações e decidirá se pode ou não entrar em uma videoconferência específica.

Como o AVET foi projetado para se adaptar a diferentes tipos de redes (locais, metropolitanas, etc.) e tecnologias (TCP/IP, ATM, RDSI, etc.), para que os componentes da aplicação saibam como agir de acordo com a infra-estrutura disponível, o administrador do ambiente deve fornecer um conjunto de informações sobre a configuração do ambiente. Entre outras informações, o administrador deve registrar: o tipo da rede, a tecnologia da rede, a capacidade de negociação de qualidade de serviço, os parâmetros de QoS negociáveis e os servidores disponíveis.

4.6.3 – Negociação Direta da Qualidade de Serviço

O AVET pode ser visto como um conjunto de objetos distribuídos instanciados a partir de um conjunto de classes pré-definidas. Isso torna a aplicação flexível permitindo que novas características e funcionalidades sejam agregadas a ele sem um grande esforço de programação.

Em sua concepção, o AVET é um conjunto de objetos (componentes) servidores distribuídos em uma rede que trocam mensagens através de um processo de cooperação para realizar uma tarefa específica, uma videoconferência. Alguns dos objetos são responsáveis pela recepção e distribuição das mídias dentro do ambiente. Esses objetos, instanciados de classes que podem ser especializadas, abrem conexões de rede para receber e transmitir os fluxos de mídia videoconferência.

Após a implementação do bloco de convergência do INVENTE, previsto para a 4^a fase de desenvolvimento, a especialização das classes deverá ser feita, acrescentando-se os códigos necessários para comunicação com a interface genérica do bloco. Uma alternativa mais imediata para uso do AVET em infra-estruturas de redes que permitam a negociação de parâmetros de qualidade de serviço é, com base nas informações da infra-estrutura utilizada e do tráfego multimídia provido, especializar as classes dos objetos que estabelecem as conexões de rede acrescentando os códigos nativos necessários a negociação dos parâmetros de QoS.

4.7 – AVET – Uma Aplicação de Videoconferência para ETD

Nesta sessão, é esboçada uma concepção inicial para o AVET baseada nas discussões anteriores, que giraram em torno dos requisitos básicos para uma aplicação de

videoconferência concebida para ETD. São apresentados o modelo conceitual da aplicação e as possíveis interações com os usuários.

4.7.1 – Interações Básicas com os Usuários (casos de uso)

Cada usuário, de acordo com seu perfil dentro do ambiente, realiza conjuntos diferentes de interações com a aplicação. Através de um diagrama de *casos de uso* [Larman2000], são apresentados os principais processos de interação dos usuários com a aplicação.

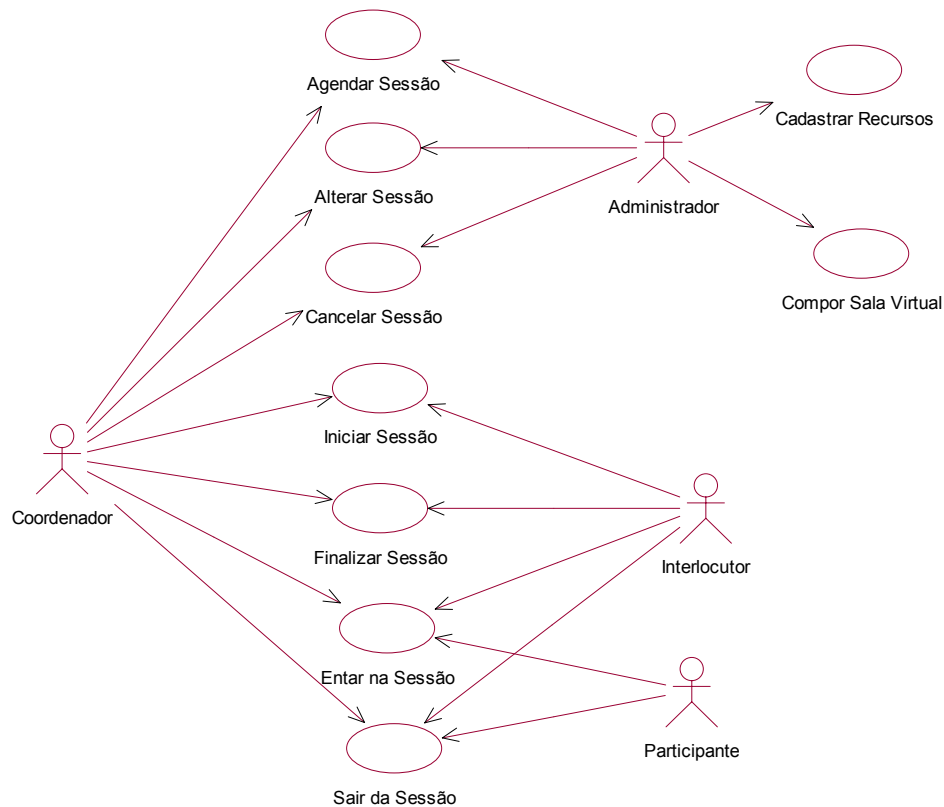


Figura 4.2 – Diagrama de casos de uso em alto nível do AVET.

Na Figura 4.4, é apresentado o diagrama de casos de uso em alto nível [Fowler2000] contendo as principais funcionalidades disponíveis aos usuários da aplicação. Os principais processos identificados são: agendar, alterar e excluir uma sessão, iniciar e finalizar uma sessão, entrar e sair de uma sessão, cadastrar recursos e compor uma sala virtual.

Como pode ser visto no diagrama, de acordo com o perfil do usuário dentro de uma sessão, ele pode exercer um conjunto específico de funções. Os principais processos do diagrama são classificados em *operacionais* e *administrativos* e são descritos a seguir.

Os processos operacionais correspondem as funcionalidade acessíveis ao coordenador, interlocutor e participantes da videoconferência. Eles são:

Agendar Sessão: corresponde ao registro das informações que caracterizam uma sessão de videoconferência tais como: data, horário, recursos utilizados, tipo da sessão, etc.

Alterar Sessão: depois de cadastrados, os dados de uma videoconferência podem ser alterados a qualquer momento antes do início da sessão pelo coordenador.

Cancelar Sessão: o autor, ou o administrador do ambiente, pode a qualquer momento, anterior ao início de uma sessão, fazer o cancelamento da mesma.

Iniciar Sessão: dependendo do tipo da sessão, ela pode ser inicializada pelo coordenador, interlocutor ou por um dos participantes. O processo de inicialização de uma sessão é feito de forma transparente, ou seja, ela é iniciada quando um primeiro usuário, com direito de inicialização, solicita a entrada na sessão dentro do horário estabelecido para a mesma.

Finalizar Sessão: o coordenador ou o interlocutor pode finalizar uma sessão, não colaborativa, a qualquer momento. Uma sessão colaborativa finaliza quando o último participante sair ou quando o horário reservado para a sessão for ultrapassado. O administrador ou o próprio GSD (Gerenciador de Serviços Distribuídos), pode finalizar qualquer tipo de sessão quando essa ultrapassa o horário previamente estabelecido e os recursos precisam ser liberados para uma outra sessão.

Entrar na Sessão: corresponde a requisição feita pelo coordenador, interlocutor ou um dos participantes para ter acesso aos serviços disponibilizados para uma sessão específica.

Os processos administrativos correspondem às atividades realizadas pelo administrador do ambiente para configurar os serviços disponíveis e controlar o acesso a recursos limitados no ambiente. Eles são:

Cadastrar Recursos: este processo corresponde ao registro de informações sobre os recursos disponíveis na infra-estrutura de redes para prover os serviços presentes na videoconferência.

Compor Salas Virtuais: corresponde ao processo de agrupar um conjunto de recursos para compor salas virtuais que limitam a disponibilidade dos serviços, de acordo com os limites da infra-estrutura instalada.

É importante observar que as interações entre os usuário do AVET e a aplicação, que são apresentadas no diagrama de casos de uso da Figura 4.4, são bem gerais, sem que sejam abordadas características relacionadas a tecnologia de implementação da aplicação.

4.7.2 – O Perfil dos Usuários do AVET

Em [Soares2001] os usuários do ambiente virtual são denominados de “protagonistas”. Um protagonista é classificado dentro do ambiente virtual de acordo com o papel que ele exerce. Foram definidos três tipos de usuários para o INVENTE: o *Autor*, que é cadastrado no ambiente para poder criar e gerenciar cursos ou se matricular em cursos ofertados por outros autores. O autor é um protagonista que pode assumir o papel de professor ou aluno dentro do ambiente; o *Administrador*, que além dos direitos comuns a um Autor, pode executar funções administrativas e gerenciais dentro do ambiente e o *Visitante*, que não precisa se cadastrar no ambiente, porém só tem acesso, ou publica, documentos não formais (Temas/Subtemas) dentro do ambiente.

Como mencionado anteriormente, um ambiente de videoconferência demanda muitos recursos da infra-estrutura disponível. Como esses recursos são, na maioria das vezes, escassos e caros, para ter acesso ao serviço de videoconferência dentro do INVENTE o usuário deverá estar cadastrado no ambiente, ou seja, deverá ser um *Autor* ou um *Administrador*.

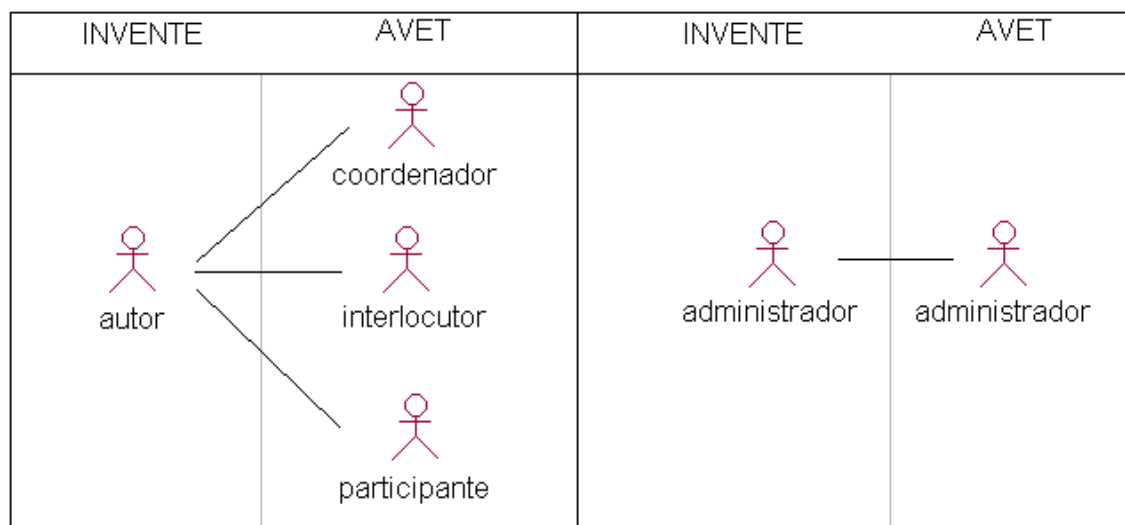


Figura 4.3 – Mapeamento dos perfis dos usuários do INVENTE para o AVET

No AVET o *administrador* tem um papel fundamental. Ele é responsável pela melhor distribuição possível dos serviços na infra-estrutura de redes, pelo registro de informações sobre os recursos disponíveis, necessárias ao funcionamento dos servidores do ambiente, e pelo controle no uso dos recursos disponíveis para que não haja uma demanda pelo serviço maior do que a infra-estrutura possa suportar.

Como pode ser observado na Figura 4.5, o protagonista classificado com *Autor* dentro do INVENTE, pode assumir três papéis distintos dentro do AVET. Ele pode ser o *Coordenador* da sessão, o *Interlocutor* ou um *Participante* [Oliveira96].

O *Coordenador* é o autor de um determinado curso. Ele pode agendar sessões de videoconferência para aquele curso, alterar os dados da sessão até momentos antes da sua realização, informar os recursos que necessitará para realização da sessão, definir o tipo da sessão (aula, colaboração, palestra, etc.), determinar número de participantes, nível de qualidade de serviço necessária, etc. Em sessões do tipo aula ou palestra, o coordenador detém o controle total do ambiente podendo: passar o controle a um participante, tomar o controle, expulsar um participante da conferência, desabilitar recursos em uso, entre outras operações.

O *Interlocutor* pode exercer algumas das funções do coordenador, quando necessário. Em situações onde o coordenador fica impossibilitado de exercer o controle do ambiente, ou esse controle atrapalha o seu trabalho principal, que é repassar o conhecimento, o interlocutor funciona como um auxiliar que fica responsável por gerir os recursos da videoconferência, de acordo com as orientações do coordenador. O interlocutor de uma videoconferência é definido pelo coordenador no momento em que agenda a sessão.

O *Participante* é um autor que está inscrito em um curso específico ao qual a sessão de videoconferência está vinculada. Em sessões do tipo “*aula presencial*” ou “*palestra*” (ver Capítulo VI, Tópico 6.2) o participante tem controle limitado sobre os recursos disponíveis, dependendo da autorização do coordenador para utilizar certos recursos como, por exemplo, a transmissão de áudio e vídeo. Em sessões do tipo “*colaborativas*”, o participante divide com outros presentes na sessão, o controle sobre os recursos disponíveis.

4.7.2 – Modelo Conceitual do Ambiente

Com base nas principais entidades envolvidas no domínio do problema, foi concebido um modelo conceitual de alto nível [Martin96], que pode ser visto na Figura 4.6, contendo as principais classes utilizadas na composição da aplicação proposta.

Pode ser observado no modelo conceitual que a aplicação se compõe de um conjunto de objetos que cooperam para prover um serviço de videoconferência para os usuários do INVENTE. Como mencionado no Tópico 4.4 deste capítulo, os programas servidores da aplicação foram projetados como um conjunto de objetos distribuídos que trocam mensagens através da invocação remota de métodos.

Um objeto abstrai as funcionalidades do serviço pelo qual ele é responsável. Para promover a comunicação e a cooperação dentro do ambiente, cada objeto possui um conjunto de métodos que podem ser invocados de forma remota. Esse conjunto de métodos, que são visíveis externamente, compõe a interface de comunicação distribuída do objeto. A comunicação entre os objetos distribuídos é discutida com mais detalhes no Tópico 6.1 do Capítulo VI.

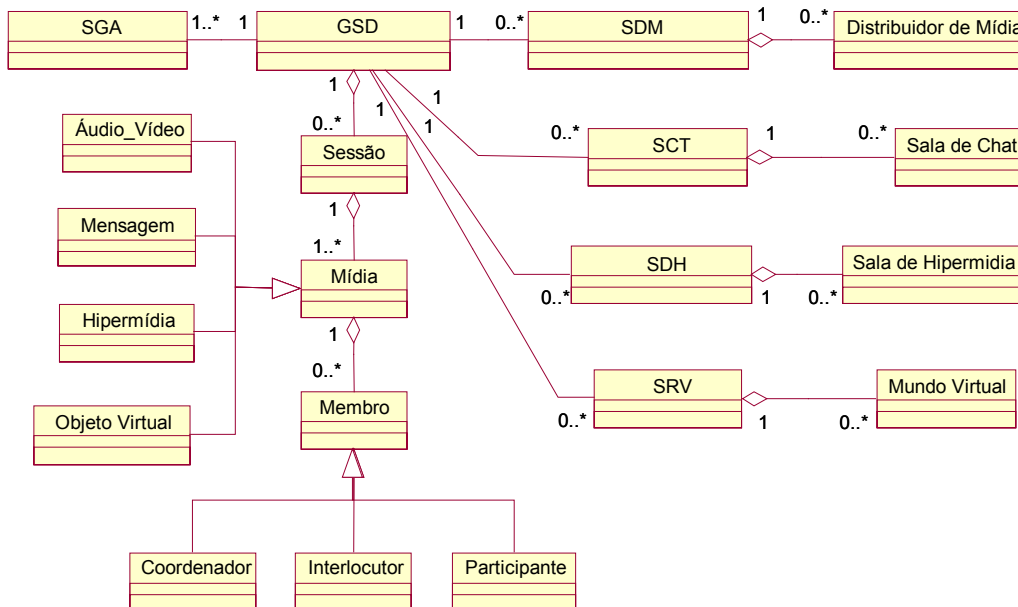


Figura 4.4 – Modelo Conceitual de Alto Nível do AVET

De acordo com o modelo da Figura 4.6, um objeto do tipo GSD pode ter ligado a ele um ou mais objetos do tipo SGA. Isso possibilita que o GSD do AVET gerencie sessões de diferentes ambientes virtuais ao mesmo tempo, se necessário.

Um objeto do tipo GSD pode também estar ligado a vários objetos do tipo SDM, ou seja, o GSD pode gerenciar a distribuição de mídias das sessões em vários servidores fisicamente distribuídos na rede. O mesmo acontece com os objetos do tipo SDH, SCT e SRV (Realidade Virtual).

O detalhamento da estrutura dos objetos agregados aos objetos servidores será apresentado no Tópico 6.2 do Capítulo VI.

4.8 – Considerações Finais

Neste Capítulo foram discutidos os conceitos que nortearam a concepção da aplicação aqui proposta. A partir desses conceitos foram enumerados alguns requisitos básicos necessários a aplicação.

Com base nesses requisitos básicos foi apresentada uma concepção inicial do AVET, descrevendo de forma geral as suas funcionalidades, e esboçando um modelo de alto nível para a aplicação.

No próximo capítulo, é proposta uma nova arquitetura para o INVENTE concebida com base nos requisitos básicos para aplicações de tempo real em ambientes para ETD. São propostas alterações, consideradas importantes, para permitir a distribuição dos serviços no ambiente e a agregação da aplicação de videoconferência, aqui concebida, ao INVENTE.

CAPITULO V – Um Ambiente Distribuído para Aplicações de Videoconferência no Contexto da ETD

5.1 – Uma Nova Arquitetura para o INVENTE

Neste Capítulo, é apresentada a evolução da arquitetura do INVENTE, ambiente virtual de aprendizagem ao qual o AVET está agregado. Após a apresentação de sua evolução, será proposta uma nova arquitetura que atenda aos requisitos básicos, enumerados no Capítulo IV, necessários a uma aplicação distribuída de videoconferência voltada para a Educação Tecnológica à Distância.

5.1.1 – A Versão 1.0 do INVENTE

O Projeto INVENTE teve início com a investigação dos parâmetros que diferenciam o ensino tecnológico do ensino convencional à distância. Esta investigação tinha como objetivo conceber uma ferramenta voltada para o ensino tecnológico à distância. Uma primeira versão para a arquitetura da ferramenta foi concebida em [Moura99] (Figura 5.1).

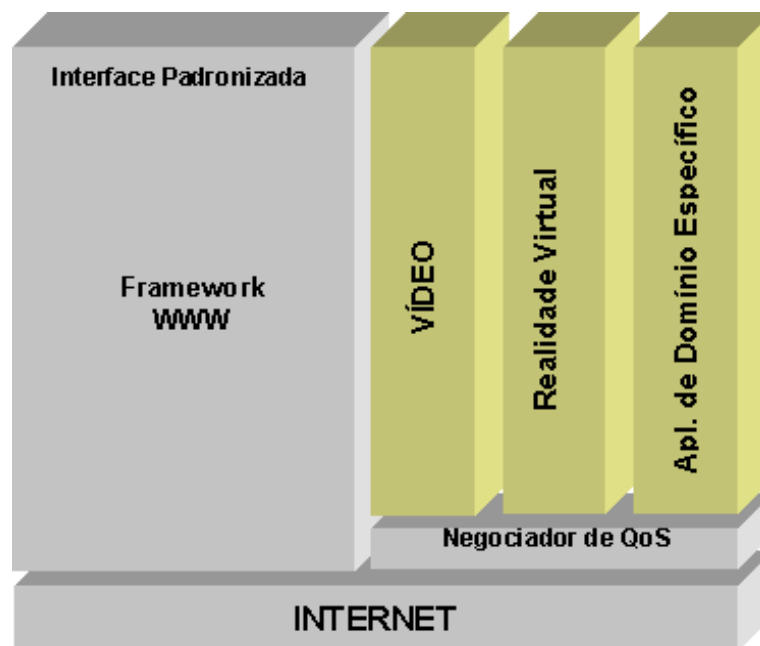


Figura 5.1 – Versão 1.0 da Arquitetura do INVENTE

A arquitetura inicial levou em consideração os pressupostos básicos da educação tecnológica levantados por Moura. Esta arquitetura é composta por um *Framework WWW* que permite as operações de navegação no ambiente; *Vídeo*, correspondendo às aplicações de vídeo e áudio sob demanda e em tempo real; *Realidade Virtual*, correspondendo às aplicações de realidade virtual agregadas ao ambiente; *Aplicações de Domínio Específico*, correspondendo a aplicações não convencionais e o *Negociador de QoS*, responsável pela mediação entre as aplicações e os recursos da rede.

5.1.2 – A Versão 2.0 do INVENTE

Em [Soares2001] foi realizada uma reflexão sobre as dimensões críticas da ETD e proposta a versão 2.0 da arquitetura (Figura 5.2), concebida dentro de uma perspectiva mais conceitual e não de uma visão orientada somente à tecnologia.

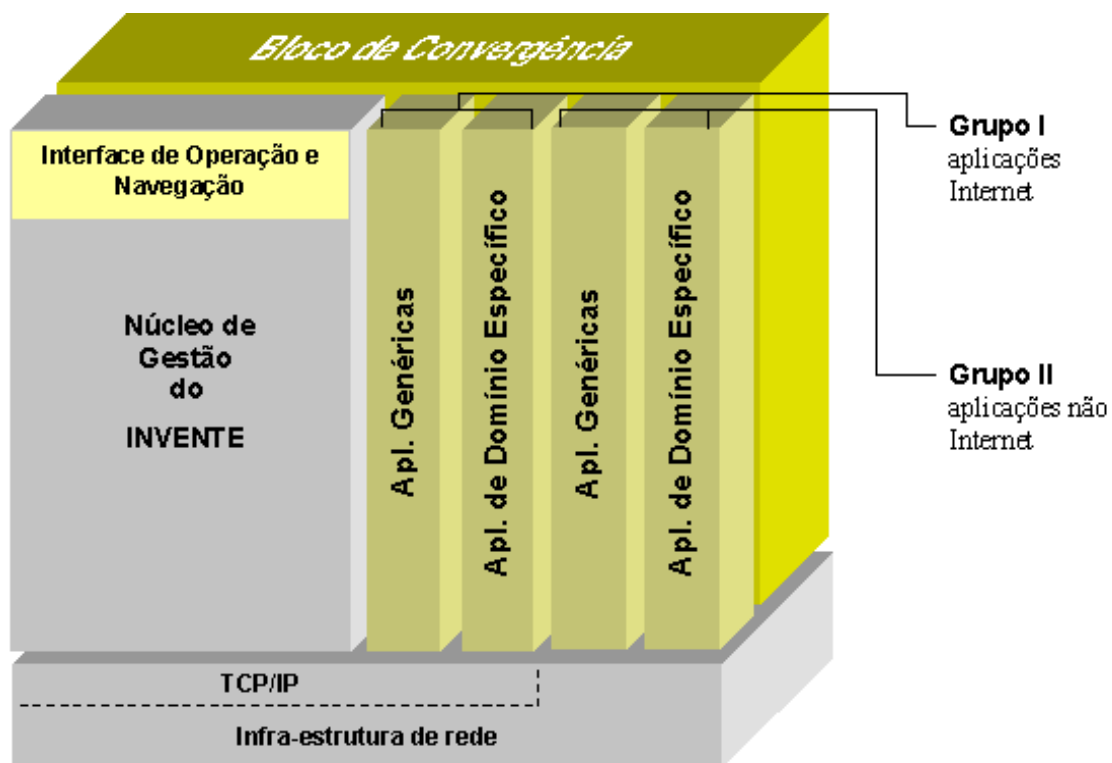


Figura 5.2 - Arquitetura do INVENTE - versão 2.0

Nesta segunda versão, foi concebido um Núcleo de Gestão que substituiu o bloco “Framework WWW” da arquitetura anterior (Figura 5.1). O Núcleo de Gestão é baseado em tecnologia Web e é responsável pela administração dos recursos do ambiente, pela

gerência da base de dados, manutenção e administração das publicações e pelo controle de acesso aos recursos. A *Interface de Operação e Navegação*, contida no núcleo de gestão, fornece a interface necessária entre os usuários e os recursos do ambiente. As aplicações foram divididas em *aplicações genéricas e de domínio específico*, visando tornar mais clara a possibilidade da arquitetura agregar diferentes aplicações, sem induzir a predefinição de um tipo particular ou tecnologia a ser utilizada.

A arquitetura destaca também a possibilidade das aplicações interagirem com uma infra-estrutura de rede com suporte ao *TCP/IP* ou com outra infra-estrutura de rede, como por exemplo a ATM (Asynchronous Transfer Mode), que possibilita a negociação de parâmetros de QoS (Quality of Service).

O bloco “Negociador de QoS”, previsto na versão 1.0 foi substituído pelo *bloco de convergência*, que é baseado no trabalho de Cecílio [Cecílio97], comentado no Tópico 4.6.1 do Capítulo IV, tem a função de intermediar a negociação de requisitos de qualidade de serviço entre as aplicações e o sistema de comunicação através de um serviço que seja genérico, não restringido a utilização de um sistema de comunicação específico, e adaptável permitindo as adequações ou configurações necessárias para sua utilização em ambientes de comunicação específicos.

5.1.3 – Proposta de uma Nova Arquitetura para o INVENTE – Versão 3.0

Nesta Dissertação, a versão 2.0 do INVENTE foi novamente reavaliada e aqui é proposta uma nova arquitetura para o ambiente (versão 3.0) para atender aos novos conceitos, discutidos no capítulo IV, considerados críticos em ***um ambiente de aprendizagem virtual que agrega aplicações distribuídas para operação em tempo real***.

A nova arquitetura preserva a estrutura tridimensional proposta em [Soares2001]. Como contribuição à arquitetura anterior, são acrescentados três novos elementos: o *Stub*, a *Camada de referência remota* e o *Gerenciador de Serviço*. Os tópicos a seguir discutem como esses elementos agregados a arquitetura contribuem com as novas dimensões críticas levantadas no Capítulo IV desta dissertação e atendem aos requisitos básicos do AVET.

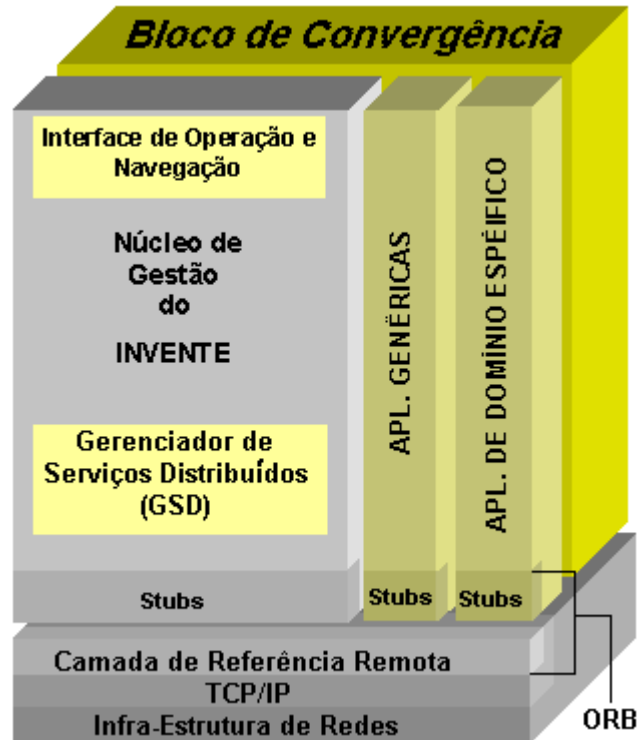


Figura 5.3 – Nova arquitetura proposta para o INVENTE – Versão 3.0

5.2 – Os Stubs e a Camada de Referência Remota

Sendo o AVET uma aplicação distribuída, é necessário que a arquitetura do INVENTE possa lidar com um problema básico: algumas comunicações são construídas como operações de entrada e saída, ou ainda, envios e recepções através da rede.

5.2.1 – Comunicação em Sistemas Distribuídos

O problema de comunicação em sistemas distribuídos já vem sendo discutido a um longo tempo. Um avanço sobre o assunto foi alcançado em um artigo de Birrell and Nelson [Tanenbaum95] que introduziu uma estratégia diferente para lidar com esse problema. No artigo é sugerido que programas chamem procedimentos em outros equipamentos. Quando um processo na máquina *A* chama um procedimento na máquina *B*, o processo *A* é suspenso, e a execução do procedimento chamado se realiza em *B*. Informações podem ser enviadas do processo em *A* para o processo em *B* através de parâmetros e podem retornar como um resultado do procedimento chamado. Nenhuma mensagem enviada ou processos

receive, parando o processo até que uma resposta retorne ou que um tempo limite de espera seja atingido.

Quando a mensagem chega no servidor, os parâmetros são passados ao *server stub* que é instanciado no servidor específico. O servidor desempacota os parâmetros contidos na mensagem e chama os procedimentos solicitados. Após executar o trabalho, o servidor retorna o resultado para o procedimento que fez a chamada remota.

Quando o *server stub* obtém o resultado, ele empacota o resultado em uma mensagem e a envia para o cliente utilizando o processo *send*. Depois ele retorna ao procedimento *receive*, esperando uma próxima mensagem. Quando a mensagem retorna ao cliente, ela é copiada para o buffer do cliente e o processo é desbloqueado. O *cliente stub* avalia a mensagem, desempacota o resultado e encaminha para o procedimento que fez a invocação remota.

Como se pode observar, a função do *client stub* é pegar os parâmetros, empacotá-los em uma mensagem e enviá-los para o *server stub*. O *server stub* desempacota as mensagens, as encaminha para o procedimento correspondente, empacota o resultado e envia de volta ao *cliente stub*.

5.2.3 – A Camada de Referência Remota

A solução de comunicação no AVET é baseada na chamada remota de métodos, ou seja, RPC. Os objetos distribuídos trocam mensagens através da invocação remota de um conjunto de métodos que compõem a interface de comunicação remota de cada objeto. Para cada interface definida é gerado o *client stub*, caso o objeto seja um cliente RPC, e um *server stub*, quando o objeto é um servidor RCP, ou ainda ambos quando necessário. A *camada de referência remota* do ambiente é responsável pela localização do objeto ao qual se destina a requisição, assim como o envio e retorno dos parâmetros da requisição no formato aceito por este objeto.

A Figura 5.5, ilustra o processo de comunicação entre os objetos do AVET. O SGA funciona como um cliente remoto do GSD, invocando remotamente métodos necessários ao controle do ambiente. O GSD atua como um servidor e cliente ao mesmo tempo, analisando

as mensagens recebidas do SGA e as redistribuindo aos outros servidores do ambiente, através da invocação remota de métodos específicos.

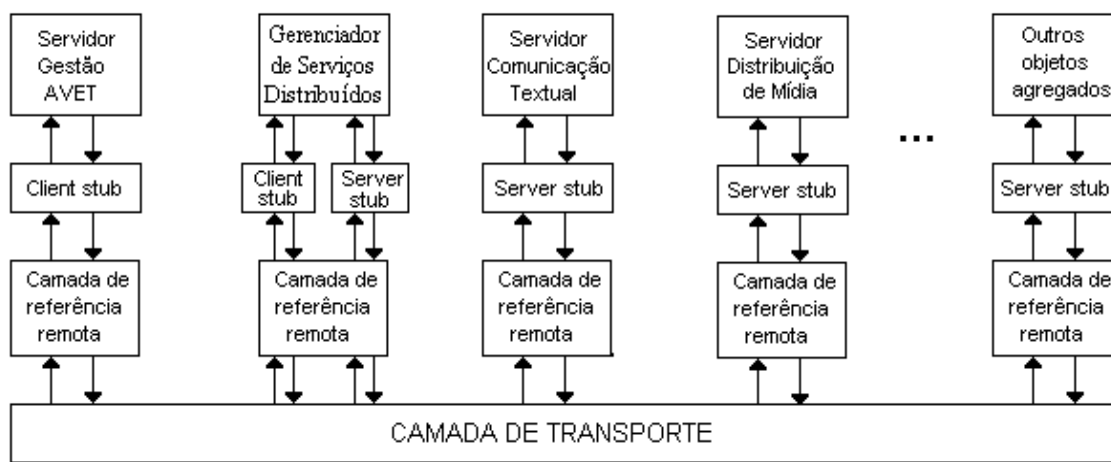


Figura 5.5 – Processo de comunicação entre os objetos do AVET

O uso de RCP na aplicação objetiva minimizar o esforço de programação, em vista da transparência oferecida pela tecnologia ao programador, e também flexibilizar, tanto quanto possível, a extensibilidade do ambiente, permitindo a agregação de novos serviços através da simples construção da camada de comunicação (cliente e server stubs). O uso da tecnologia de comunicação RPC em conjunto com a tecnologia de Orientação a Objetos no projeto do AVET, procura atender a dimensão crítica da “*flexibilização do ambiente*”, discutida no Capítulo II desta dissertação. No Tópico 6.5 do Capítulo VI, são discutidos detalhes de implementação da comunicação remota dentro da aplicação.

5.3 – O Gerenciador de Serviços Distribuídos (GSD)

Para que o AVET seja agregado ao INVENTE, a nova arquitetura do ambiente precisa prover meios para que seja feita a gerência dos serviços disponíveis durante uma videoconferência. Para resolver esse problema, a arquitetura proposta no Tópico 5.1.3 adiciona um *Gerenciador de Serviços Distribuídos* ao núcleo de gestão do INVENTE.

Para permitir que a distribuição dos recursos dentro do ambiente seja feita de uma forma transparente ao usuário, foi também definido um novo conceito para as “Salas Virtuais” dentro do INVENTE.

5.3.1 – A Distribuição dos Recursos e as Salas Virtuais

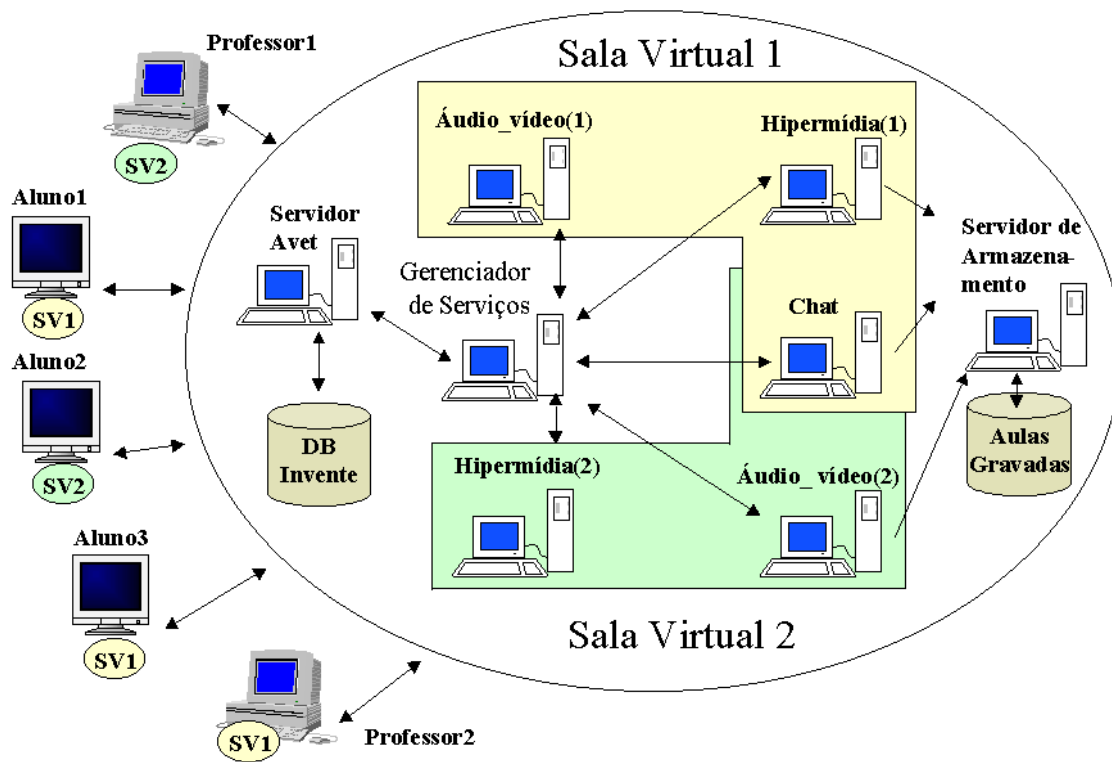


Figura 5.6 – Organização dos recursos em salas virtuais.

Como ressaltado anteriormente, o AVET é projetado como um conjunto de objetos distribuídos. Isso permite que os serviços presentes em uma videoconferência sejam instalados, se necessário, em equipamentos distintos em uma rede de computadores. Quanto maior a demanda de processamento de um serviço específico, maior deverá ser o poder computacional do equipamento que proverá aquele serviço. Em algumas situações, para prover um determinado serviço será necessária a utilização de mais de um equipamento. Quando um serviço não exige muito poder computacional, ele pode ser provido por um equipamento com capacidade menor de processamento.

O SDM, por exemplo, demanda uma grande capacidade de processamento para poder tratar os fluxos de dados que chegam e que são distribuídos. Dependendo do tipo de tratamento que será dado ao fluxo processado, para prover este serviço com eficiência, é

necessário distribuir o processamento em vários equipamentos minimizando a quantidade de fluxos tratados por cada servidor. Na Figura 5.6, é ilustrada a distribuição deste serviço em vários equipamentos.

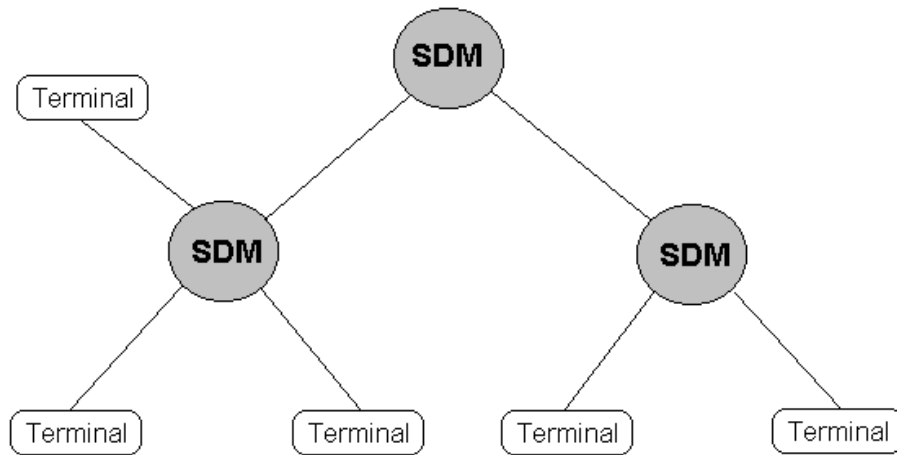


Figura 5.7 – Distribuição dos SDMs.

Já um serviço de distribuição de mensagens textuais, o chat por exemplo, demanda pouca capacidade de processamento, podendo um mesmo equipamento servir a várias sessões em paralelo. Na Figura 5.6, o Servidor de Chat é compartilhado por duas salas virtuais. Dessa forma duas sessões paralelas de videoconferência podem utilizar o mesmo servidor de chat.

O usuário administrador do AVET é responsável pelo planejamento da distribuição dos recursos na rede. Para flexibilizar essa distribuição, o AVET utiliza o conceito de “*Sala Virtual*”. Uma sala virtual, no contexto do AVET, é *um conjunto de recursos de software e hardware distribuídos que estão agrupados sob uma única denominação*.

Para definir uma sala virtual, o administrador do ambiente deve, inicialmente, informar ao sistema os dados relativos aos servidores e serviços disponíveis na infraestrutura para uma sessão de videoconferência. Depois ele deve informar o nome da sala virtual, os serviços que serão disponibilizados nesta sala e quais os servidores que proverão esses serviços.

Usando este modelo de distribuição, um mesmo serviço poderá está distribuído em vários equipamentos da rede, como também um mesmo equipamento poderá prover diversos serviços. Quem decide a distribuição dos recursos na rede é o administrador, que

conhece a demanda de processamento de cada serviço e o poder computacional de cada equipamento disponível. Na Figura 5.6, pode-se observar duas salas virtuais provendo os serviços de distribuição de áudio e vídeo, chat e hipermídia. No exemplo, duas salas virtuais compartilham um mesmo servidor de chat, porém, agrupam servidores de hipermídia e de vídeo diferentes.

O agrupamento de serviços em salas virtuais tem como objetivo tornar transparente para o usuário final (autor, professor, aluno, etc.) a distribuição dos recursos. Assim, quando um usuário agenda uma sessão de videoconferência, ele escolhe uma das salas virtuais disponíveis no ambiente e não se preocupa como os recursos estão distribuídos na rede. Essa transparência na distribuição dos recursos facilita a adaptação cultural dos protagonistas à aplicação.

Outra grande importância no uso das salas virtuais dentro do ambiente, é a possibilidade do administrador limitar o uso dos recursos à capacidade da infra-estrutura instalada. Como cada sala virtual expressa uma fatia da capacidade total dos recursos disponíveis, o administrador cria uma quantidade de salas virtuais que expressem a capacidade total do ambiente. Como nenhuma sala virtual pode ser utilizada em paralelo por mais de uma sessão, a quantidade total de salas virtuais disponíveis no ambiente expressa a capacidade restante de processamento do ambiente.

5.3.2 – Gerência dos Serviços em Tempo Real

Diversos serviços de tempo real estão hoje disponíveis em ambientes virtuais de educação tais como: serviço de distribuição de áudio e vídeo, chat, ambiente de realidade virtual, etc. No entanto, se um usuário deseja utilizar um conjunto de serviços durante uma aula em tempo real, ele precisa exercer um controle individual sobre cada um. Essa falta de orquestração no uso dos recursos dentro do ambiente pode prejudicar o aprendizado visto que o usuário precisa executar um número considerável de passos para ativar e controlar os serviços disponíveis.

No AVET, quando um usuário entra em uma sessão de videoconferência são acionados automaticamente todos os serviços disponíveis. Se, ao agendar a conferência, o coordenador da sessão solicitou, por exemplo, o uso de áudio e vídeo em tempo real, do

chat, e do quadro hiperfídia, quando um aluno solicitar a entrada naquela sessão todos esses serviços são acionados e colocados em um contexto específico (curso/disciplina).

Essa orquestração dos diversos serviços de tempo real disponíveis é feita pelo GSD, que centraliza todas as informações da aplicação, recebe solicitações dos usuários e executa as ações necessárias ao funcionamento de forma coordenada dos serviços utilizados durante uma sessão de videoconferência.

5.3.3 –Adicionando o GSD ao Núcleo de Gestão do INVENTE

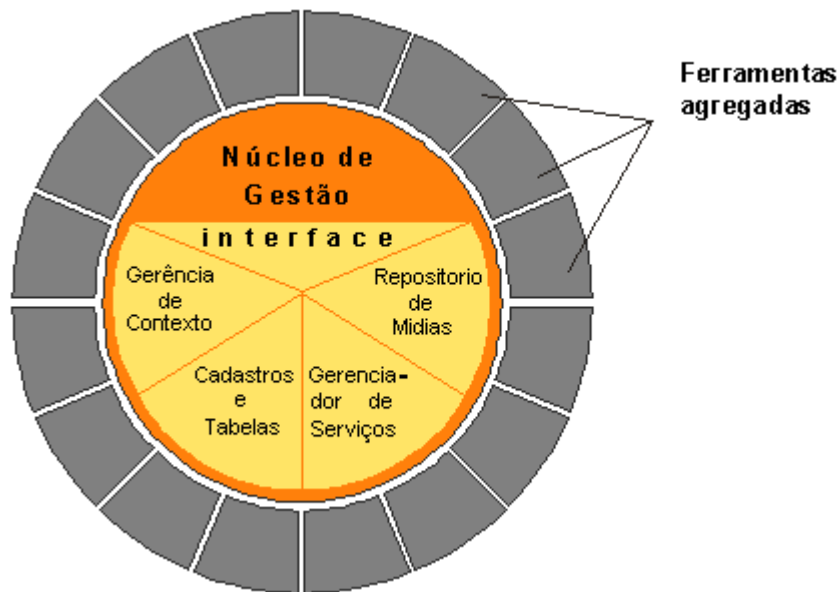


Figura 5.6 – Novo Núcleo de Gestão do INVENTE (Versão 3.0)

O *núcleo de gestão* previsto na versão 2.0 da arquitetura do INVENTE é composto por quatro elementos: a *interface de operação e navegação*, a *gerência de contexto*, o *banco de dados* e o *repositório de materiais*. A versão 3.0 da arquitetura, proposta neste trabalho, adiciona mais um elemento ao núcleo de gestão, o Gerenciador de Serviços. Este elemento agrega dois componentes do AVET: o Servidor de Gestão do AVET (SGA) e o Gerenciador de Serviços Distribuídos (GSD).

O Gerenciador de Serviços Distribuídos (GSD) pode ser visto como um objeto que recebe mensagens do Servidor de Gestão do AVET (SGA) e realiza as ações necessárias ao funcionamento integrado das aplicações de tempo real. As mensagens recebidas ativam ações que geram um novo conjunto de mensagens que são repassadas a todos os outros

servidores do ambiente (SDM, SCT, SRV, etc.) .Quando um usuário solicita a entrada em uma sessão, por exemplo, o SGA repassa uma mensagem para o GSD, incluindo como parâmetros da mensagem o nome do usuário, seu endereço IP (Internet Protocol) e outras informações, solicitando a inclusão do mesmo na videoconferência. Ao receber essa solicitação, o GSD executa os métodos necessários e repassa essa solicitação aos outros servidores.

5.4 – Considerações Finais

Neste capítulo foi proposta uma nova arquitetura para o INVENTE à luz dos requisitos básicos apontados no Capítulo IV. Esta nova arquitetura provê uma solução de distribuição de recursos no ambiente, que permitem a agregação do AVET. No próximo capítulo, será discutido como a aplicação de videoconferência concebida neste trabalho de dissertação se agrega a esta nova arquitetura proposta e será apresentada a modelagem dos objetos que compõem o ambiente.

Capítulo VI – AVET: uma Aplicação de Videoconferência em um Ambiente Distribuído

6.1 – Arquitetura do AVET

Neste Tópico, é apresentada a forma como os componentes do AVET se agrupam. Depois, será discutida a agregação da aplicação à nova arquitetura do INVENTE, proposta no Capítulo V desta dissertação.

6.1.1 – Uma Aplicação Cliente/Servidor em três camadas

Foi proposta, para a aplicação, uma arquitetura Cliente/Servidor em "três camadas" [Darby98]. Na Figura 6.1, podem ser vistos os componentes básicos da aplicação agrupados em três camadas. A *camada de apresentação* é responsável pela formatação dos dados apresentados ao usuário e pela interação com o mesmo. A *camada de aplicação* é responsável pelo recebimento e processamento das requisições dos usuários e o devolução de resultados. A *camada de dados* é responsável pelos mecanismos de armazenamento e recuperação dos dados da aplicação.

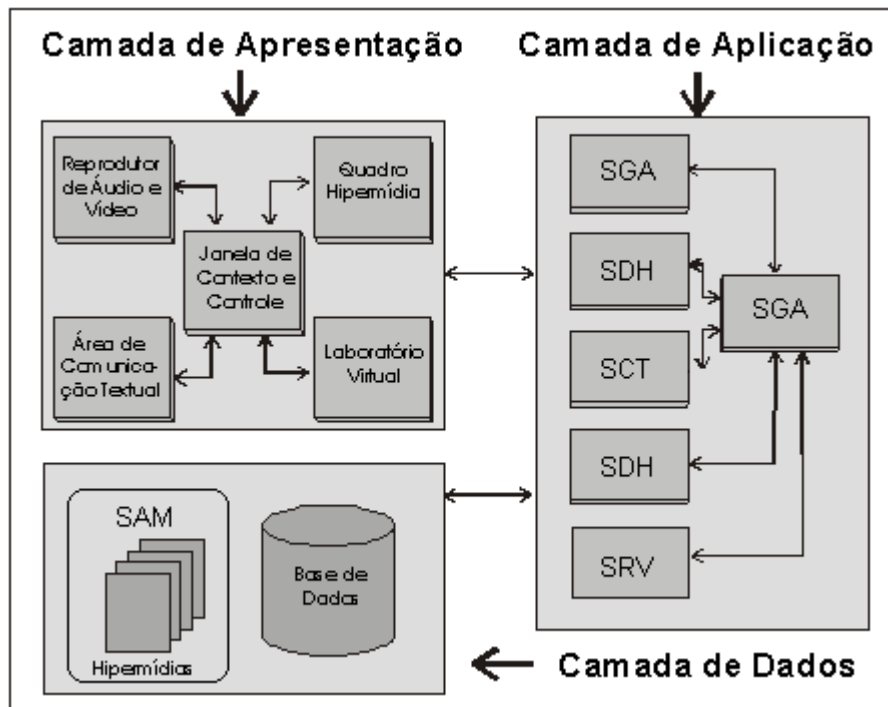


Figura 6.1 – Camadas de Apresentação, Aplicação e de Dados do AVET

Na Arquitetura do AVET, a *camada de apresentação* utiliza o Navegador e as tecnologias que ele suporta. Ela agrupa os componentes responsáveis pela interação com o usuário. Esses componentes foram descritos no Capítulo IV desta dissertação. São eles:

- ✓ o Reprodutor de Áudio e Vídeo (Player) ;
- ✓ a Janela de Comunicação Textual (IRC);
- ✓ a Janela de Contexto e Controle;
- ✓ o Quadro Hiperímia e
- ✓ o Laboratório Virtual.

A *camada de aplicação* contém os servidores responsáveis pela gestão dos recursos disponíveis, gerência do ambiente, recepção e transmissão de mídias. Na camada de aplicação, as funcionalidades e controles do ambiente são implementados através dos objetos servidores descritos no Capítulo IV desta Dissertação. São eles:

- ✓ Gerenciador de Serviços Distribuídos (GSD);
- ✓ Servidor de Distribuição de Mídias (SDM);
- ✓ Servidor de Comunicação Textual (SCT);
- ✓ Servidor de Distribuição Hiperímia (SDH);
- ✓ Servidor de Realidade Virtual (SRV) e
- ✓ Servidor de Armazenamento de Mídias (SAM).

A *camada de dados* é composta pelos mecanismos responsáveis pelo armazenamento e recuperação dos dados da aplicação e dos arquivos de mídias em diversos formatos (vídeo, áudio, texto, etc.). Para prover esse serviço, a camada de dados utiliza um *Banco de Dados Relacional* e um *Servidor de Armazenamento de Mídias*.

O *Banco de Dados relacional* permite o armazenamento e a recuperação de dados sobre as sessões de videoconferência, os serviços disponíveis, a distribuição dos recursos e a caracterização da infra-estrutura utilizada. Dados esses que são utilizados para operação, gerência e administração do ambiente.

O *Servidor de Armazenamento de Mídias* permite que as mídias, distribuídas durante uma sessão de videoconferência, sejam gravadas em um equipamento específico para posterior acesso sob demanda.

O AVET realiza a interação entre os servidores através de *troca de mensagens (primitivas)* e permite a independência física dos diversos serviços, distribuindo melhor o *processamento*.

6.1.2 – Agregação da Arquitetura do AVET ao INVENTE

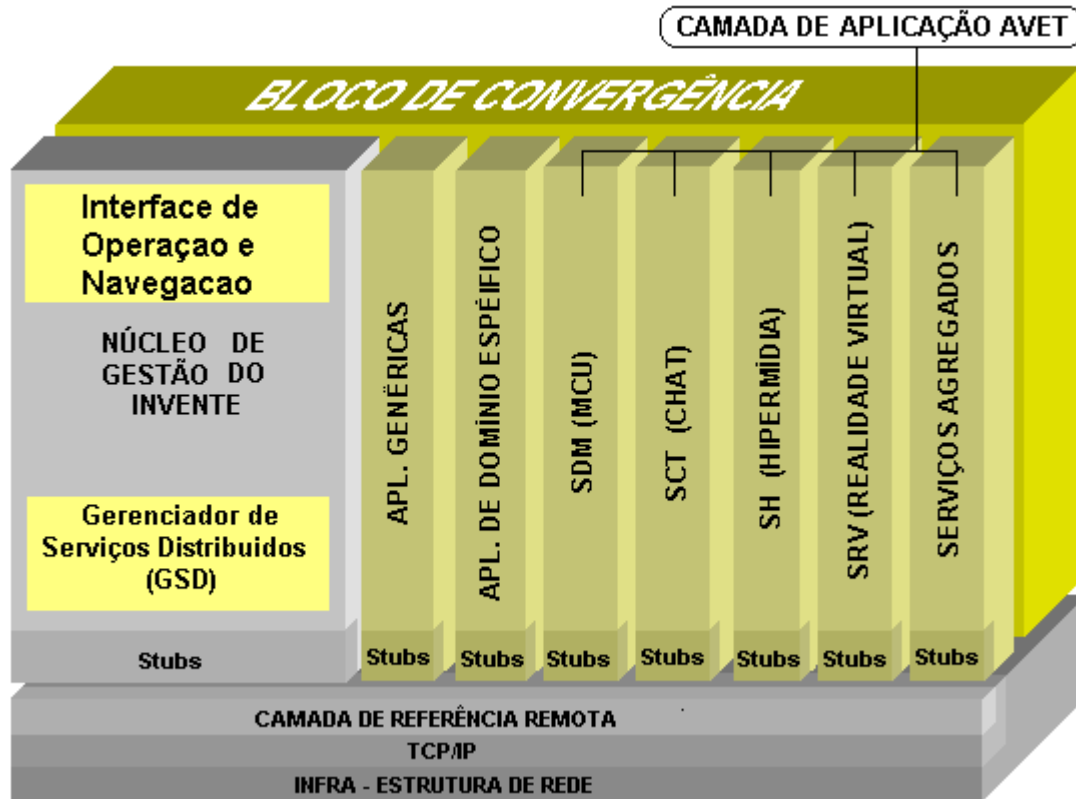


Figura 6.2 – Agregação do AVET à arquitetura do INVENTE

Como já ressaltado no Tópico 2.5 do Capítulo II, o AVET é uma das aplicações genéricas agregada ao INVENTE que, em [Soares2001], foi prevista para implementação na terceira fase de desenvolvimento do ambiente. No entanto, para permitir a agregação desta aplicação, no Capítulo V, foram propostas algumas modificações na arquitetura do INVENTE. As modificações incluíram uma camada de referência remota, e o uso de stubs para permitir uma comunicação distribuída com transparência dentro do ambiente. Também foi proposta a inclusão do Gerenciador de Serviços (GSD e SGA) ao *Núcleo de Gestão* do INVENTE para permitir a orquestração dos serviços de tempo real.

Para integrar o AVET ao ambiente virtual, foram agregados ao Núcleo de Gestão: o *Gerenciador de Serviços Distribuídos (GSD)*, O *Servidor de Gestão do Ambiente (SGA)* e

os componentes da *camada de dados (Banco de Dados e Servidor de Armazenamento de Mídias)*.

Os outros componentes da *camada de aplicação* foram agregados ao ambiente como *aplicações genéricas*.

6.1.3 – Escopo de Implementação

No Tópico 4.2.3 do Capítulo IV, a análise e o projeto do AVET foram divididos em cinco fases. A última fase, a implementação, é aqui dividida em cinco outras subfases:

- **Subfase 1:** Implementação do Servidor de Distribuição de Mídias (SDM);
- **Subfase 2:** Implementação do Gerenciador de Serviços Distribuídos (GSD);
- **Subfase 3:** Implementação do Serviço de Comunicação Textual (SCT);
- **Subfase 4:** Implementação do Serviço de Distribuição de Hipermídias (SDH);
- **Subfase 5:** Implementação do Serviço utilizando RV (SRV).

Esta Dissertação cobre as fases de concepção e modelagem do AVET, bem como as Subfases 1 e 2 da implementação do planejamento apresentado. Ficando como proposta para trabalhos futuros as Subfases 3, 4 e 5 da implementação. A modelagem dos componentes, que fazem parte do escopo de implementação proposto para esta dissertação, é apresentada a seguir.

6.2 – Componentes da Camada de Aplicação

A distribuição das funcionalidades do AVET em um conjunto de objetos (componentes) tem dois objetivos principais: a extensibilidade da aplicação e a distribuição do processamento. A aplicação se torna extensível porque, para agregar um novo serviço ao ambiente, é necessário apenas construir um componente com as funcionalidades desejadas e agregá-lo à aplicação. A agregação de novos serviços ao ambiente é discutida no Tópico 6.2.2 desta sessão.

A distribuição do processamento é possível através da instalação dos componentes servidores em equipamentos diferentes na rede. A comunicação entre os componentes é feita de forma transparente utilizando-se a invocação remota de métodos. Dessa forma os objetos cooperam para, de forma distribuída, executarem o serviço de videoconferência

com a melhor performance possível. As tarefas de distribuição de mídia e gerência do ambiente demandam muito poder computacional e altas taxas de transmissão, por isso a distribuição dos serviços na infra-estrutura de redes é de grande importância para a viabilização da videoconferência.

Nesta sessão é apresentada a modelagem dos principais componentes que constituem a arquitetura do AVET: o GSD, o SGA e o SDM. O serviço de IRC já implementado no INVENTE foi adaptado para exercer as funcionalidades do SCT, previsto neste projeto. Para maiores informações sobre o serviço de IRC o leitor pode recorrer ao Capítulo VI do trabalho de Soares [Soares2001].

6.2.1 – O Gerenciador de Serviços Distribuídos (GSD)

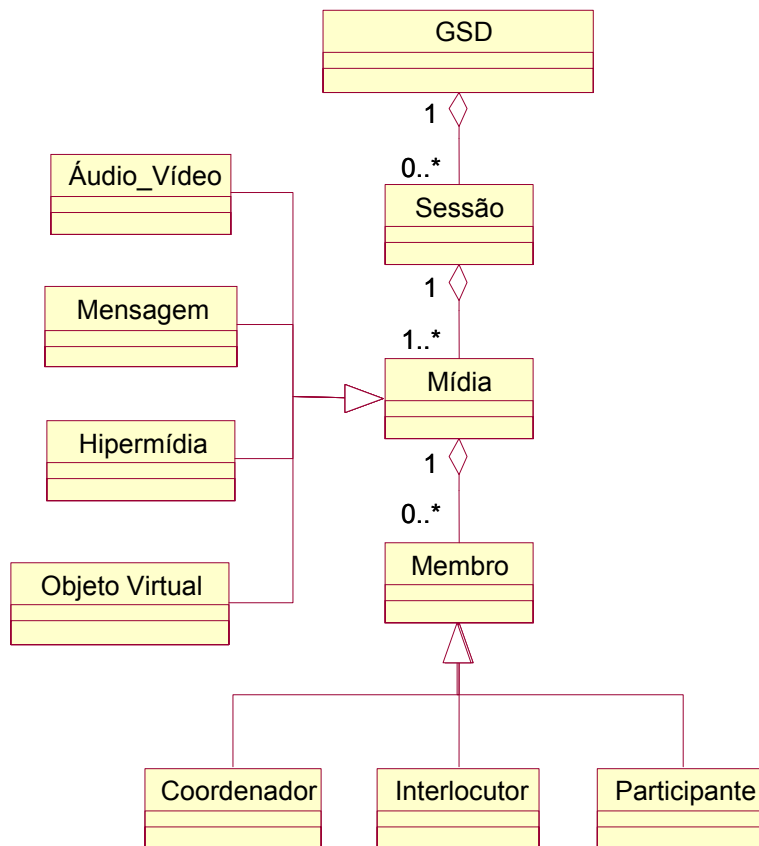


Figura 6.3 – Diagrama de Classes do Gerenciador de Serviços Distribuídos (GSD).

Na Figura 6.3, é apresentado o diagrama de classes [Booch99] do Gerenciador de Serviços Distribuídos (GSD). Como já mencionado anteriormente, o GSD centraliza todas

as informações necessárias a coordenação dos recursos utilizados durante a videoconferência.

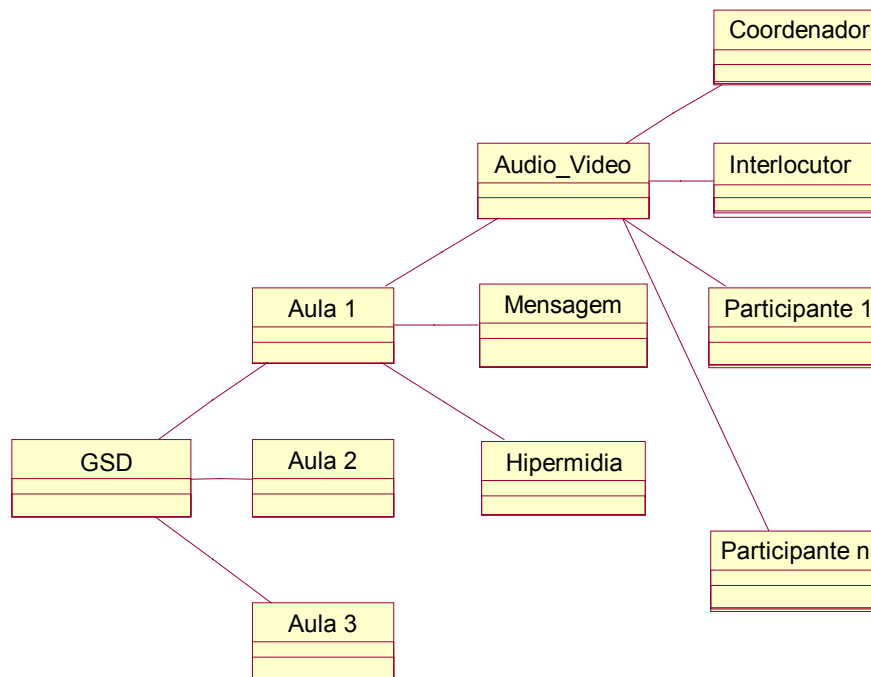


Figura 6.4 – Exemplo de um diagrama de Objetos do GSD.

Como pode ser visto na Figura 6.4, o GSD é um componente que pode instanciar vários objetos do tipo sessão. Para cada sessão de videoconferência o GSD instancia um novo objeto do tipo sessão.

Para cada objeto do tipo *sessão* (no exemplo: aula1, aula2, aula3), são instanciados vários objetos de subtipos que herdam do supertipo *mídia*. De acordo com os recursos disponíveis na infra-estrutura, é instanciado um objeto específico para cada serviço agregado à aplicação de videoconferência. A classe *mídia*, por exemplo, pode ser especializada através das subclasses *Áudio_Vídeo*, *Mensagem*, *Hipermissão*, etc.

Para cada objeto instanciado a partir de subclasses especializadas da superclasse “*mídia*” (*Áudio_Vídeo*, *Mensagem*, *Hipermissão*, etc), podem ser instanciados vários objetos a partir das subclasses que herdam da superclasse “*membro*” (*coordenador*, *interlocutor*, *autor*). A superclasse “*membro*” é especializada através das subclasses: *coordenador*, *interlocutor* e *participante*. Cada objeto instanciado, pode ser usuário de um

conjunto de recursos (áudio e vídeo, chat, hipermídia, etc) específicos de uma videoconferência.

A classe GSD possui um conjunto de propriedades e métodos. As principais propriedades do GSD são:

MaxSessões: essa propriedade determina a quantidade máxima de sessões que podem ser gerenciadas por um GSD específico. O valor da propriedade *MaxSessões* é fornecido pelo administrador do ambiente.

EnderServ: armazena o endereço de rede do equipamento no qual o GSD está instanciado.

QtdeSessões: essa propriedade determina a quantidade de objetos do tipo *sessão* que foram instanciados pelo GSD, ou seja, a quantidade de sessões de videoconferência que estão sendo gerenciadas em um determinado momento.

Um subconjunto dos métodos que compõem o GSD foi selecionado para integrar a interface de comunicação do objeto com os outros objetos da aplicação. Os principais métodos, que podem ser acionados remotamente, são:

AdicionarSessao: este método instancia um novo objeto sessão no GSD. Ele é acionado pelo Servidor de Gestão do Ambiente (SGA) para dar início a uma nova videoconferência.

RemoverSessao: este método recebe um identificador de sessão e remove o objeto do tipo sessão correspondente no GSD. Quando esse método é acionado, todas as tarefas necessárias à finalização da videoconferência são acionadas.

AdicionarMidia: este método recebe o identificador de uma sessão e um objeto especializado a partir da superclasse mídia e aciona o método *AdicionarMidia* do objeto *sessão* correspondente ao identificador informado. Para facilitar o processo de troca de mensagens entre os objetos esse método encapsula o método *AdicionarMidia* de um objeto do tipo sessão.

RemoverMidia: este método recebe como parâmetros o identificador da sessão e o da mídia, aciona o método *RemoverMidia* do objeto sessão correspondente ao seu identificador. Esse método serve de mediador na comunicação remota entre o objeto *sessão* e os demais servidores da aplicação.

AdicionarMembro: este método recebe como parâmetros o identificador da sessão e um objeto de um dos tipos especializados da superclasse *membro*, aciona o método *AdicionarMembro* da sessão correspondente ao identificador.

RemoverMembro: este método recebe como parâmetros o identificador de uma sessão e o identificador de um membro da sessão e aciona o método *RemoverMembro* do objeto do tipo sessão correspondente ao identificador.

Pode-se observar que, para facilitar o processo de comunicação entre os objetos distribuídos, alguns métodos foram criados para encapsular outros métodos pertencentes aos objetos agregados ao GSD. Os métodos *AdicionarMidia*, *RemoverMidia*, *AdicionarMembro* e *RemoverMembro*, por exemplo, fazem parte da interface de invocação remota e foram projetados para centralizar a comunicação no Objeto GSD.

6.2.1.1 – A Classe Sessão

A Classe *Sessão* possui um conjunto de propriedades e métodos contendo as informações e os códigos necessários ao gerenciamento de uma sessão específica de vídeoconferência.

As propriedades relevantes da classe sessão são:

Nome: esta propriedade permite que se atribua um “label” que identifica de forma única uma sessão em um GSD específico;

Data: esta propriedade determina a data de realização da videoconferência;

Início: esta propriedade determina o horário que a sessão iniciou;

Final: esta propriedade determina o horário previsto para o término da videoconferência. As recomendações para videoconferência da ITU-T, orientam para que uma videoconferência só termine quando o último participante deixar o ambiente. Como o compartilhamento dos recursos em um ambiente virtual de educação deve ser tratado de forma diferenciado, no AVET uma sessão de videoconferência pode ser finalizada pelo Coordenador ou Interlocutor a qualquer momento, ou ainda pelo administrador quando a sessão estiver ultrapassando o horário de término previamente estabelecido;

Tipo: esta propriedade indica o tipo da sessão de videoconferência. O tipo da sessão determina como será o comportamento do GSD em relação ao controle dos diversos

recursos agregados. Os valores possíveis para a propriedade tipo são 1,2 ou 3. O valor 1 indica que a sessão é uma *Aula Convencional*, ficando o controle de uso dos recursos centralizado no coordenador da sessão. O valor 2 indica uma *Sessão Colaborativa*, onde os controles ficam centralizados no próprio GSD, que provê uma utilização igualitária dos recursos pelos diversos usuários. O valor 3 indica que a sessão é uma *Palestra*, ficando o controle centralizado no Coordenador ou Interlocutor do ambiente.

Coordenador: o valor desta propriedade corresponde ao identificador do membro coordenador da sessão.

Interlocutor: o valor desta propriedade corresponde ao identificador do membro interlocutor da sessão.

Tolerância: Caso a sessão seja do tipo 1 ou 2 (*aula convencional ou palestra*), a tolerância determina o intervalo de tempo, em minutos, no qual um participante pode entrar na sessão após o seu início. Caso a sessão seja do tipo 2 (*sessão colaborativa*), a tolerância determina o tempo, em minutos, que um participante pode reter, ininterruptamente, o controle dos recursos do ambiente.

Quantidade Máxima de Membros: Esta propriedade determina a quantidade máxima de objetos do tipo *membro* que podem ser instanciados por cada objeto do tipo *mídia* de uma determinada *sessão*. Essa informação permite que o servidor de domínio adeqüe a quantidade de usuários presentes na sessão de videoconferência à capacidade dos recursos disponibilizados pela infra-estrutura de redes.

Controle de Entrada: esta propriedade determina se os participantes de uma sessão podem entrar no ambiente antes do coordenador. Caso o valor dessa propriedade seja 1 (*Entrada Livre*), os participantes podem entrar na sala virtual e passar a interagir antes que o coordenador da sessão entre. Se o valor é 2 (*Aguarda Professor*), os participantes de uma sessão só podem interagir após a entrada do coordenador.

O principais métodos pertencentes a classe sessão são descritos a seguir:

AdicionarMídia: este método instancia um objeto especializado a partir da classe mídia para um determinado serviço agregado a videoconferência (áudio e vídeo, chat, hipermídia,

etc.). Neste momento os recursos necessários a execução do respectivo serviço são reservados pelo construtor do objeto instanciado.

RemoverMídia: este método recebe o identificador da mídia, localiza e remove da sessão o objeto mídia correspondente.

AdicionarMembro: aciona o método *AdicionarMembro* de um objeto mídia, pertencente a sessão, passando como parâmetro o objeto do tipo *Membro* a ser instanciado.

RemoverMembro: Aciona o método *RemoverMembro* de um objeto mídia, pertencente a sessão, passando como parâmetro o identificador do objeto do tipo *Membro* a ser removido.

Observa-se que os métodos *AdicionarMembro* e *RemoverMembro* de um objeto do tipo sessão encapsulam os métodos *AdicionarMembro* e *RemoverMembro* de seus objetos do tipo mídia instanciados.

6.2.1.2 – A SuperClasse Mídia

Da forma que foi projetado, o GSD permite que novas funcionalidades possam ser acrescentadas ao ambiente através de uma especialização da superclasse mídia, utilizando o conceito de herança [Rambough95].

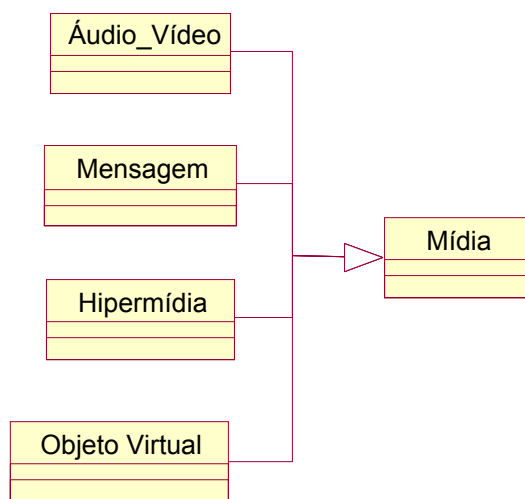


Figura 6.5 – A Superclasse Mídia.

A SuperClasse *Mídia* foi projetada para permitir que novos serviços fossem agregados ao AVET sem que haja um grande esforço de projeto e programação. Para isso, de acordo com o recurso a ser gerenciado, a superclasse mídia é especializada, e novas propriedades são agregadas a ela (ver Figura 6.5). Os métodos abstratos, declarados na

superclasse *mídia*, são sobrepostos para que o código necessário ao controle do serviço agregado seja acrescentado a subclasse específica.

Na concepção inicial do AVET, são previstas cinco subclasses que herdam da superclasse *mídia*. São elas:

- Subclasse Audio_Video;
- Subclasse Chat;
- Subclasse Mensagem;
- Subclasse Hipermidia;
- Subclasse RV;

Os códigos acrescentados aos métodos sobrepostos da superclasse *mídia* serão implementados de acordo com os objetos servidores de cada serviço específico. Objetos do subtipo Audio_Video, por exemplo, invocam métodos remotos pertencentes a interface de comunicação distribuída do objeto *Distribuidor de Mídia (DM)* (ver Tópico 6.2.3.1). O código implementado para objetos do subtipo Audio_Video deve ser capaz de acionar os métodos do objeto *Distribuidor de Mídia* para realizar o controle e gerenciamento remoto da distribuição de áudio e vídeo na videoconferência.

Para agregar um novo recurso ao AVET, que não tenha sido definido em sua concepção inicial, é necessário:

1. Criar um Objeto que incorpore as funcionalidades do serviço específico a ser agregado;
2. Criar a interface para comunicação com os outros objetos distribuídos, contendo os métodos invocáveis de forma remota;
3. Criar uma subclasse específica para controle e gerenciamento do serviço, especializada a partir da superclasse *Mídia*.

A SuperClasse *Mídia* possui um conjunto de propriedades, que podem ser estendidas, e um conjunto de métodos que devem ser sobrepostos, de acordo com o objetivo da especialização. A seguir são apresentadas as principais propriedades da superclasse *mídia*.

Nome: esta propriedade armazena um “label“ que identifica de forma única um determinado objeto do tipo *mídia*.

Servidor: armazena o endereço de rede do equipamento que hospeda o objeto servidor responsável pelo gerenciamento e distribuição da mídia específica.

Porta: especifica a “porta base” de comunicação utilizada pelo equipamento que hospeda o objeto servidor responsável pelo gerenciamento e distribuição daquela mídia específica. Dependendo do tipo do serviço, esta informação serve como o valor inicial de um conjunto de portas a serem utilizadas.

Quantidade de Membros: determina a quantidade máxima de membros que podem transmitir e receber aquele tipo de mídia. Esta propriedade permite controlar o uso dos recursos disponibilizados pela infra-estrutura de redes para um serviço específico, evitando que o ambiente fique sobrecarregado, inviabilizando a videoconferência.

Gravar: essa propriedade contém um valor lógico (verdadeiro/falso). Se o valor é “verdade”, significa que o objeto responsável pela distribuição dessa mídia deve redirecionar o fluxo de transmissão também para disco, armazenando o conteúdo no arquivo informado na propriedade *LocalGravacao*, ou para o *Servidor de Armazenamento de Mídias* (SAM), quando a infra-estrutura de redes não utilizar um sistema de arquivos distribuídos.

Local de Gravação: essa propriedade determina o local (nome do diretório mais o nome do arquivo) ou a URL (Universal Resource Location). Se informado um local, o objeto responsável pela distribuição gravará o fluxo localmente. Quando informado uma URL o objeto redirecionará o fluxo para o SAM, que ficará responsável pelo armazenamento do fluxo para posterior acesso sob demanda.

Status: a propriedade status determina a situação de funcionamento do serviço de distribuição daquele tipo de mídia. Se o status possui o valor 0 (zero), significa que aquela mídia não está inicializada. O valor 1 (um) indica que a mídia foi inicializada mas nenhum fluxo de dados está sendo recebido ou transmitido, ou seja, o objeto *Mídia* não instanciou nenhum objeto do tipo *Membro*. Após o início do processos de recepção e transmissão daquele tipo de mídia, o valor da propriedade status passa para 2 (dois).

No momento em que se especializa uma nova classe, tomando como base a superclasse *Mídia*, novas propriedades devem ser acrescentadas para que ela gerencie o novo serviço que está sendo agregado.

Os principais métodos abstratos que compõem a classe *Mídia* são:

Mídia (construtor): o método construtor da classe mídia, ao ser acionado, determina o *nome* da mídia, o *servidor* que hospeda o objeto gerenciador daquela mídia, e a *porta base* de comunicação utilizada pelo respectivo serviço;

Inicializar: esse método altera o status da mídia para “inicializada”. Ao ser sobreposto, durante uma especialização, deve ser incluído o código para inicialização remota do objeto responsável pelo gerenciamento e controle da mídia específica.

AdicionarMembro: este método recebe um objeto de uma classe especializada a partir da superclasse membro como parâmetro e adiciona um transmissor/receptor para aquele tipo de mídia. Durante a especialização, esse método deve ser sobreposto e o código necessário a inclusão do membro no serviço de distribuição daquela mídia deve ser implementado;

RemoverMembro: recebe o identificador de um dos membros (receptor/transmissor) daquele tipo de mídia e o remove do serviço. O código para remoção do serviço deve ser acrescentado durante a especialização da classe.

De acordo com as características do recurso a ser agregado à aplicação, outros métodos podem ser concebidos e projetados para complementarem o código necessário ao gerenciamento e controle do serviço.

6.2.1.3 – A Superclasse Membro

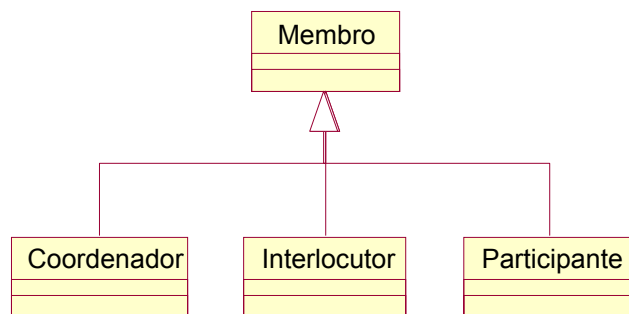


Figura 6.6 – A Superclasse Membro

A superclasse *Membro* possui um conjunto de propriedades genéricas que permitem a caracterização de um membro da videoconferência. O objeto membro possui também um método construtor que instancia o objeto e inicializa suas propriedades. A classe *Membro* é especializada em três outras subclasses: *coordenador*, *interlocutor* e *participante* (ver Figura 6.6). As principais propriedades dos objetos da superclasse Membro são:

Nome: armazena o código que identifica, de forma única, um membro dentro de uma sessão de videoconferência;

Endereço: determina o endereço de rede do equipamento que está sendo utilizado pelo *Membro* para transmissão ou recepção de algum tipo de mídia;

Porta: determina a “porta” de comunicação que está sendo utilizada pelo *Membro* para transmissão ou recepção de algum tipo de mídia;

Transmite: essa propriedade assume um valor lógico (verdadeiro ou falso). Se o valor é verdade, indica que o Membro é um transmissor. Se é falso, indica que ele não transmite aquele tipo de mídia;

Recebe: essa propriedade assume um valor lógico (verdadeiro ou falso). Se o valor é verdade, indica que o Membro é um receptor. Se o valor é falso, indica que ele não recebe aquele tipo de mídia.

O método construtor do tipo *Membro* instancia um objeto e atribui valores iniciais as suas propriedades.

6.2.1.3 – O Algoritmo de Resolução de Conflitos

Como mencionado no Tópico 4.5 do Capítulo IV, o AVET utiliza um algoritmo para resolver conflitos no uso compartilhado dos recursos do ambiente. Este algoritmo garante a igualdade no uso dos recursos e é implementado como um dos métodos da classe *Sessão*, descrita anteriormente.

Quando uma sessão é classificada pelo coordenador como “*cooperativa*”, durante a videoconferência, o algoritmo é acionado e passa a gerenciar os recursos disponíveis na sessão, garantindo aos participantes o uso dos recursos compartilhados de forma justa. Evitando que, na resolução de um conflito, um usuário específico seja sempre beneficiado.

Em nossa descrição do algoritmo, a aplicação distribuída será representada por um grafo G com uma correspondência, de um para um, entre os usuários e os vértices do grafo. Uma aresta (u, v) existe no grafo, se e somente se, existe um conflito entre os usuários representados por u e v na tentativa de uso de um recurso. Em um determinado instante, cada par de usuários (vértices) da aplicação, que estão em conflito, possuem uma determinada precedência de forma que um tem prioridade sobre o outro na resolução do conflito. Se existe um conflito entre um par de usuários, o usuário, com menor precedência,

deve ceder para outro, com maior precedência, em um tempo finito. A precedência entre os pares de usuários em conflito é representada por um grafo de precedência H (ver Figura 6.7.b), que é um grafo idêntico ao G dando uma direção em H como descrito a seguir: uma aresta em H é direcionada de um usuário com uma precedência maior para um de precedência menor. Na Figura 6.7.a, o grafo G pode ser visto em uma situação de conflito entre três usuários. Na Figura 6.7.b, o grafo H retrata uma situação onde o usuário p tem precedência sobre q e r , e q tem precedência sobre r .

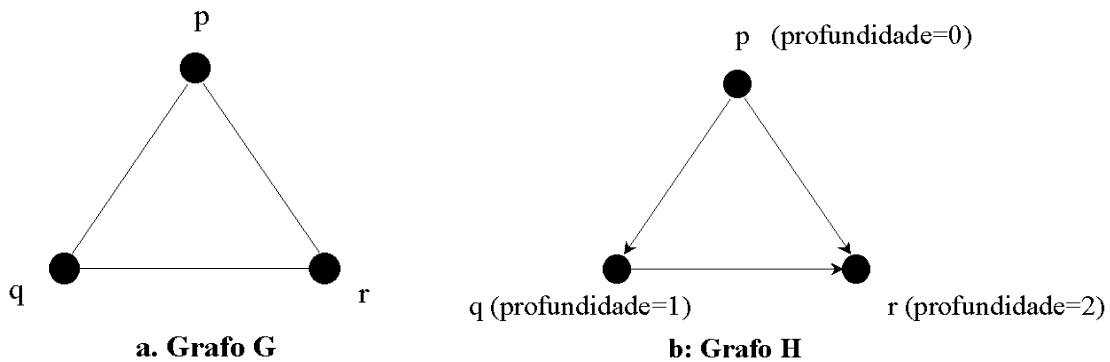


Figura 6.7 - Grafo ilustrando o conflito entre usuários compartilhando um mesmo recurso.

Se o grafo H é acíclico, então a profundidade do usuário em H é uma propriedade que diferencia um usuário de outro em um conflito. A profundidade de um usuário p em H é o número máximo de arestas, em um caminho direcionado, entre um usuário sem nenhum predecessor e p . Um processo que não tenha nenhum predecessor tem profundidade 0. E certamente nenhum de seus vizinhos terá a mesma profundidade.

Para garantir que cada usuário tem uma profundidade distinta no grafo é necessário que ele seja acíclico. Para garantir que os conflitos serão resolvidos de uma forma justa é necessário que todos os usuários, em um tempo finito, possam chegar a profundidade 0. Para isso, quando um usuário com profundidade 0, ou seja, sem predecessores, perde a precedência, sua profundidade deverá ser a maior de todos os outros usuários. Para isso, quando o usuário p , de menor profundidade, perde a precedência, as arestas do grafo que apontam para p mudam de sentido mantendo a aciclicidade do grafo e modificando a profundidade de p para a maior possível dentro do grafo. Na Figura 6.8, observa-se um exemplo das mudanças de estado de um grafo construído para três usuários.

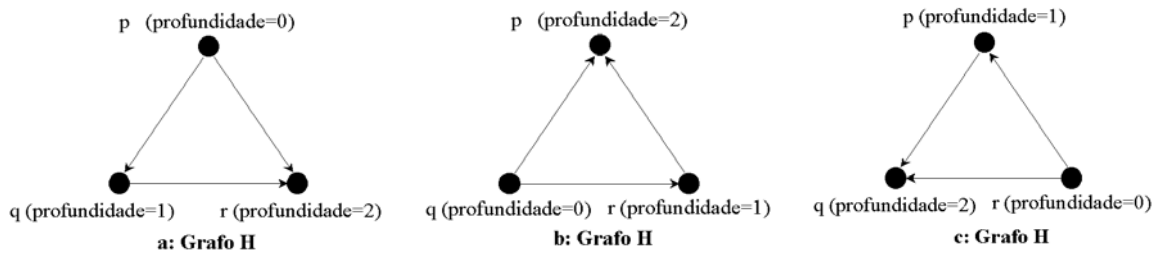


Figura 6.8 – Exemplo da mudança de estado do grafo H para três usuários

Para garantir a aciclicidade do grafo H, as regras a seguir devem ser seguidas durante uma mudança de estado do grafo:

- 1° Todos as arestas que incidem sobre p devem ser simultaneamente redirecionadas;
- 2° Em um tempo finito, depois que um conflito é resolvido em favor de um usuário p , que tem profundidade 0, p deve perder a precedência para todos os seus vizinhos;

Por exemplo, em uma sessão de videoconferência colaborativa, onde somente um participante pode transmitir áudio e vídeo em um determinado momento, quando dois ou mais participantes, dentro de um mesmo período de tempo, solicitarem o papel de membro transmissor, haverá um conflito. Para solucionar o conflito, cada usuário será inserido no grafo recebendo uma profundidade de acordo com a precedência da solicitação do recurso. Ficando o usuário que detém o recurso com a profundidade de menor valor, ou seja, a profundidade 0. Após um tempo máximo (tolerância), determinado durante o agendamento da sessão colaborativa, o usuário que retém o recurso perde a precedência para todos os outros que aguardam, e passa o recurso para aquele que o precede no grafo.

6.2.2 – O Servidor de Gestão do AVET (SGA)

O Servidor de Gestão do AVET (SGA), apesar de pertencer à *camada de aplicação*, é responsável pela transparência da camada de apresentação do ambiente. *Ele mapeia as metáforas utilizadas para comunicação com os usuários em ações de controle necessárias ao funcionamento da aplicação.*

Os componentes distribuídos que constituem o AVET são projetados de forma que a aplicação seja facilmente adaptada a qualquer ferramenta construída para EAD. O SGA é o

componente que integra o ambiente virtual ao serviço de videoconferência genérico proposto pelo AVET.

6.2.2.1 – Funções de Usuários

As funcionalidades do SGA podem ser classificadas em: *Funções de Usuários* e *Funções Administrativas*. As funções de usuários são:

- Registro, alteração e exclusão de sessões de videoconferência;
- Apresentação do conjunto de sessões agendadas para um contexto específico (curso e disciplina);
- Apresentação das sessões em andamento em um contexto específico;
- Visualização dos dados de uma sessão agendada;
- Visualização dos usuários que participam de uma determinada sessão;
- Envio de requisição de entrada de um participante em uma sessão em andamento;
- Envio de requisição de saída de um participante de uma sessão em andamento;

Os principais métodos do SGA para permitir a interação com os usuários da aplicação são:

Init: esse método inicializa o SGA recebendo como parâmetro informações importantes para a configuração da aplicação. Esse método também abre a conexão com o banco de dados do Ambiente Virtual ao qual o AVET está agregado.

doGet: esse método recebe informações importantes sobre as requisições dos usuários, e depois, identifica e aciona o método específico que tratará a requisição;

ListarSessoes: retorna para o Navegador do usuário todas as sessões que estão agendadas bem como as sessões que estão em andamento dentro do ambiente;

FormSessao: envia um formulário de registro para que o usuário preencha os dados sobre uma sessão de videoconferência a ser agendada no banco de dados da aplicação;

GravarSessao: recebe os dados enviados pelo usuário sobre uma sessão e grava no banco de dados do ambiente virtual.

AlterarSessao: envia os dados de uma determinada sessão, previamente agendada, para que o usuário possa realizar atualizações ou alterações;

ApagarSessão: remove do banco de dados do ambiente virtual uma sessão de videoconferência previamente agendada;

AdicionarMembro: envia uma mensagem para o GSD, solicitando a entrada de um usuário em uma sessão específica;

RemoverMembro: envia uma mensagem para o GSD, solicitando a saída de um membro de uma determinada sessão em andamento;

6.2.2.2 – Funções de Administração

As funções de administração do ambiente permitem que informações importantes sobre a infra-estrutura, disponível para realização da videoconferência, possam ser registradas pelo usuário responsável pela administração do ambiente. Entre outras operações o administrador deve registrar:

- As informações sobre os recursos disponíveis para a realização da videoconferência;
- Os parâmetros de qualidade de serviço que podem ser negociados com a infra-estrutura de redes disponível;
- Os equipamentos servidores disponíveis no ambiente e os serviços providos por esses equipamentos;
- A organização física das salas virtuais, ou seja, o administrador do ambiente informa em quais equipamentos os objetos servidores estão distribuídos.

Para realização dessas operações foram projetados os métodos:

ListaMidias, FormMidia, GravaMidia, RemoveMidia: responsáveis pela manutenção das informações sobre os serviços agregados ao ambiente. Para agregar um novo serviço ao AVET, o administrador deve registrar o serviço no Banco de Dados do ambiente virtual;

ListaServidor, FormServidor, GravaServidor, RemoveServidor: responsáveis pela manutenção dos dados dos equipamentos que compõem a infra-estrutura de redes utilizada para prover o serviço de videoconferência;

ListaSalas, FormSala, GravaSala, RemoveSala: responsáveis pela manutenção dos dados relativos as salas virtuais, essas propriedades, permitem que os serviços e os equipamentos sejam agrupados em uma única entidade, denominada Sala Virtual.

As informações relativas a administração do ambiente serão discutidas de forma mais aprofundada no Tópico 7.4 do Capítulo VII.

6.2.3 – O Servidor de Distribuição de Mídias (SDM)

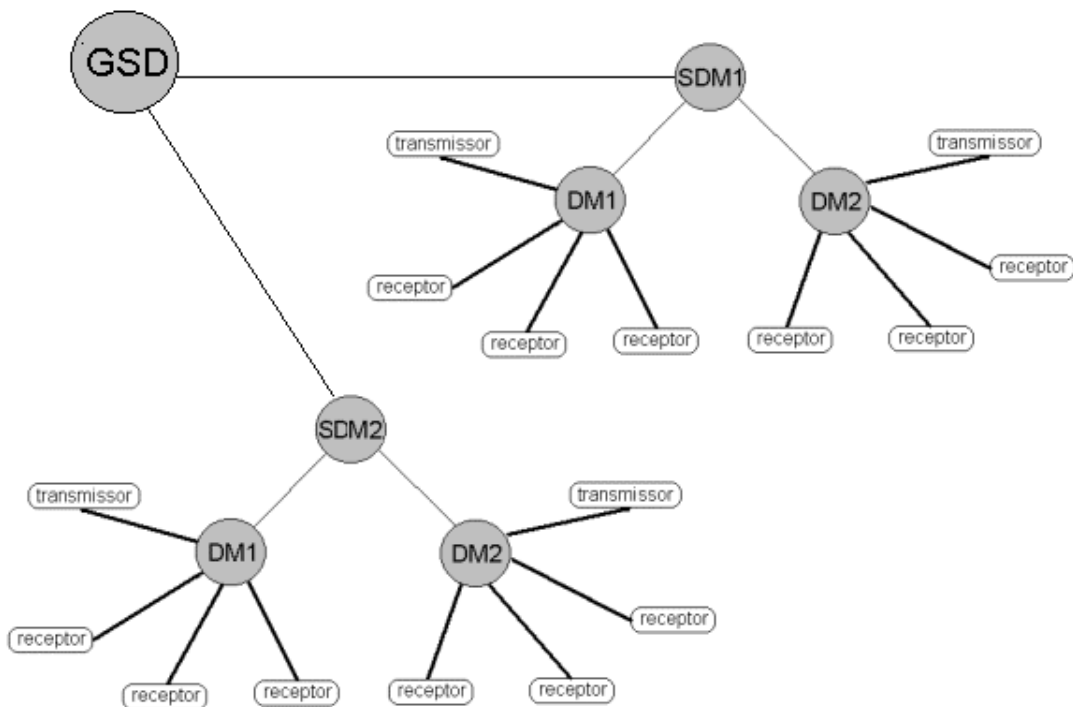


Figura 6.9 – Distribuição de áudio e vídeo no AVET.

O componente Servidor de Distribuição de Mídias, ou simplesmente SDM, pode instanciar diversos objetos do tipo *Distribuidor de Mídia* (DM). Para cada sessão em andamento, que utilize o serviço de distribuição de áudio e vídeo, é instanciado um objeto do tipo DM pelo objeto SDM (Figura 6.9).

Além de instanciar os objetos de distribuição de áudio e vídeo das diversas sessões, o SDM, provê uma interface para comunicação remota que permite ao GSD controlar e gerenciar os diversos Objetos de Distribuição instanciados.

6.2.3.1 – Propriedades e Métodos do SDM

O SDM possui um conjunto de propriedades e métodos que permitem o controle e gerencia dos objetos DM agregados e a comunicação com os outros objetos distribuídos. As principais propriedades do SDM são:

Quantidade Máxima de Membros: essa propriedade limita a quantidade máxima de membros capazes de transmitir ou receber em cada objeto *DM* instanciado. De acordo com a capacidade de processamento do equipamento que hospeda o objeto SDM e da capacidade de transmissão da infra-estrutura, essa propriedade é configurada de forma a evitar que uma quantidade acima do suportável de participantes inviabilize a videoconferência;

Quantidade Máxima de DMs: essa propriedade limita a quantidade máxima de objetos do tipo DM, que podem ser instanciados pelo SDM. É utilizada para adequar a quantidade de sessões em andamento à capacidade da infra-estrutura disponível;

Porta Base: para receber e transmitir os streams de áudio e vídeo, os objetos do tipo *DM* precisam utilizar um conjunto de “portas” para comunicação com os usuários. A propriedade *Porta Base* fornece um valor base que será utilizado pelo SDM para que, a partir de um valor inicial, ele possa controlar os intervalos de portas fornecidos aos objetos distribuidores de mídia. O cálculo do intervalo de portas fornecido a cada objeto distribuidor é feito de acordo com a propriedade *Quantidade Máxima de Membros*. A quantidade de portas reservadas para um objeto do tipo distribuidor é igual ao dobro da quantidade máxima de membros ($QtdePortas=2*MaxMembros$), e a porta final do intervalo é calculada através do acréscimo, ao valor da porta base, da quantidade de portas calculada. Por exemplo, se a Quantidade Máxima de Membros tem o valor 5 e a porta base é 22222, a quantidade de portas reservadas será 10, e a porta final do intervalo reservado será 22232.

Quantidade de DMs: determina a quantidade de objetos de distribuição de mídia já instanciados pelo SDM em um determinado instante.

Para gerenciar os objetos distribuidores de mídia (DMs) e prover a comunicação remota como os outros objetos distribuídos, O SDM implementa um conjunto de métodos. Os principais métodos do SDM são:

ServDistribMidia (int portbase): este é o método construtor. O método construtor recebe como parâmetro o valor que é utilizado como a porta base de comunicação para distribuição das mídias. O administrador do ambiente deve configurar esse valor de forma que o SDM não entre em conflito com outras aplicações que compartilhem o equipamento. Além de inicializar o valor da propriedade *PortBase*, o construtor reserva recursos no

equipamento para que possa instanciar os objetos do tipo distribuidor de mídia que servirão as sessões de videoconferência em andamento.

Int AdicionarDistribMidia (String nome): este método instancia um novo objeto do tipo DM atribuindo a ele um nome que o identifique de forma única dentro da aplicação. Este método é acionado de forma remota pelo SGA, quando é iniciada uma nova sessão de videoconferência. Ao instanciar um novo objeto do tipo DM, ele retorna para o SGA um valor inteiro que identifica o objeto instanciado ou o número do erro, caso não seja possível instanciar o DM.

RemoverDistribMidia(int iddistribmidia): este método destrói um objeto do tipo DM. É acionado remotamente pelo SGA quando, por um motivo qualquer, ele deseja finalizar uma sessão de videoconferência. Para identificar o objeto a ser destruído, o SGA deve passar como parâmetro o número de identificação do objeto.

Int AdicionarTransmissor (int iddistribmidia, Membro transmissor): o método *AdicionarTransmissor* localiza o objeto de distribuição de mídia no qual o membro transmissor deve ser inserido e aciona o método *AdicionarTransmissor* do respectivo objeto DM. O método retorna a identificação do Transmissor no objeto DM ou o código de erro, caso não seja possível adicioná-lo.

RemoverTransmissor (int iddistribmidia, int idTransmissor): recebe como parâmetro o identificador do distribuidor de mídia e do transmissor a ser removido e aciona o método responsável pela remoção do membro no objeto DM.

int AdicionarReceptor(int iddistribmidia, Membro receptor): este método localiza o objeto de distribuição de mídia correspondente ao identificador *iddistribmidia* e aciona o método *AdicionarReceptor* do respectivo objeto DM, retornando a identificação do membro ou o código de erro, caso não seja possível adicioná-lo.

Utilizando esses métodos o GSD pode, através do objeto *Audio_Video*, especializado a partir da superclasse *Mídia*, gerenciar a distribuição de áudio e vídeo inicializando objetos de distribuição, adicionando e removendo transmissores e receptores para uma determinada sessão de videoconferência.

6.2.3.1 – O Distribuidor de Mídia

O Objeto Distribuidor de Mídia, ou simplesmente DM, funciona como um MCU (Multipoint Control Unit) implementado por software. Ele recebe um stream de áudio e vídeo de um transmissor e reflete para vários receptores. Além disso ele pode redirecionar o fluxo também para disco, armazenando o conteúdo para acesso posterior sob demanda.

Na Figura 6.10, pode ser visto como o stream de dados é tratado pelo DM. Utilizando o Real Time Protocol (RTP), o Objeto DM abre uma conexão com o transmissor e passa a receber um stream de dados, que é “bufferizado” na chegada. Ao recompor o fluxo o DM realiza um processo de “clonagem” e retransmite o stream para diversos receptores através de conexões RTP. Ele também pode armazenar em disco o stream recebido, caso necessário.

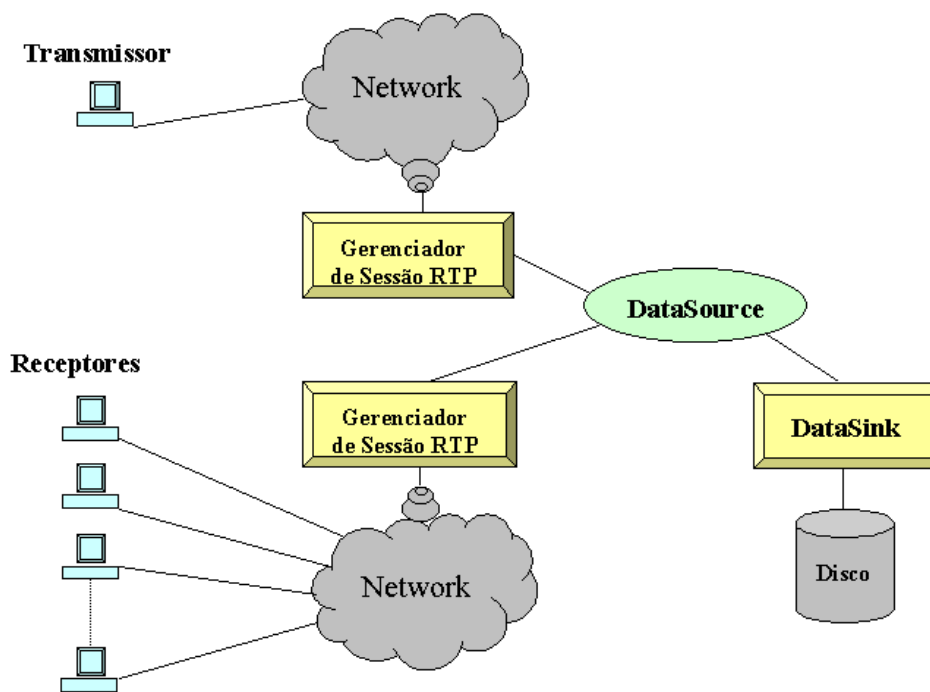


Figura 6.10 – Fluxo de Dados do Distribuidor de Mídia

A principais propriedades do objeto DM são:

Nome: esta propriedade armazena um nome que identifica de forma única um objeto do tipo DM dentro do SDM.

Porta Base: ao instanciar um novo objeto do tipo DM, o SDM passa como parâmetro o valor da porta base que deve ser utilizado pelo objeto DM para que possa abrir as conexões RTP, através das quais realizará o recebimento e a transmissão de áudio e vídeo. Ao adicionar um novo transmissor ou receptor, o DM incrementa o valor da porta base. E ao remover ele decrementa.

Quantidade de Membros: registra a quantidade de usuários que recebem ou transmitem áudio e vídeo em um determinado momento da videoconferência.

Além dessas propriedades básicas o DM instancia outros objetos que são responsáveis pelo controle e gerenciamento do fluxo de dados. O DM instancia objetos do tipo:

RTPManager: esta classe encapsula todas as funcionalidade relativas ao gerenciamento das conexões RTP que são utilizadas para recepção e transmissão dos streams de áudio e vídeo.

DataSource: contém as propriedades e os métodos para tratamento dos fluxos de dados recebidos através das conexões RTP;

DataSink: contém propriedades e métodos que permitem o redirecionamento dos fluxos de dados, recebidos através de uma conexão RTP, para um meio de armazenamento auxiliar.

Para gerenciar a distribuição do áudio e vídeo de uma sessão, o DM implementa um conjunto de métodos. Os principais métodos são:

DistribMidia(int localport): Este é o método construtor. O construtor recebe como parâmetro o valor da porta base a ser utilizada pelo DM e reserva os recursos do ambiente necessários a recepção e distribuição dos streams;

defTransmissor(String senderAddress, String senderPort, String localPort): recebe como parâmetro o endereço do transmissor e sua porta de comunicação, abrindo uma conexão RTP e um buffer de entrada para receber um stream de dados;

adicionaReceptor(Target receptor): recebe um objeto do tipo *receptor*, que contém o endereço e a porta de comunicação do mesmo, e passa a enviar o stream através de uma conexão RTP.

Além dos métodos relacionados acima, o objeto DM implementa um conjunto de *threads* que “escutam” as conexões RTP para detectar sinais de controle da transmissão. Ao

receberem esses sinais, os *threads* acionam métodos complementares de controle e gerencia do ambiente.

6.3 – A Camada de Dados

A camada de dados do AVET é composta por *informações armazenadas em um banco de dados relacional e arquivos de formatos diversos* (avi, mp3, txt, etc.). As informações utilizadas para controle e gerenciamento a aplicação ficam armazenadas em um banco de dados relacional. Os arquivos que armazenam as mídias processadas durante uma videoconferência ficam armazenados em uma estrutura de diretórios montada com base no contexto (curso e disciplina) da respectiva sessão.

6.3.1 – O Banco de Dados do AVET

Durante a concepção do AVET, foi levantada a possibilidade de utilização de um banco de dados orientado a objetos para facilitar o mapeamento das informações entre o banco de dados e a aplicação. No entanto, o fato de que o INVENTE, ambiente ao qual o AVET está agregado, utiliza um banco de dados relacional fez com que se optasse pelo uso de um modelo de fácil integração com o ambiente.

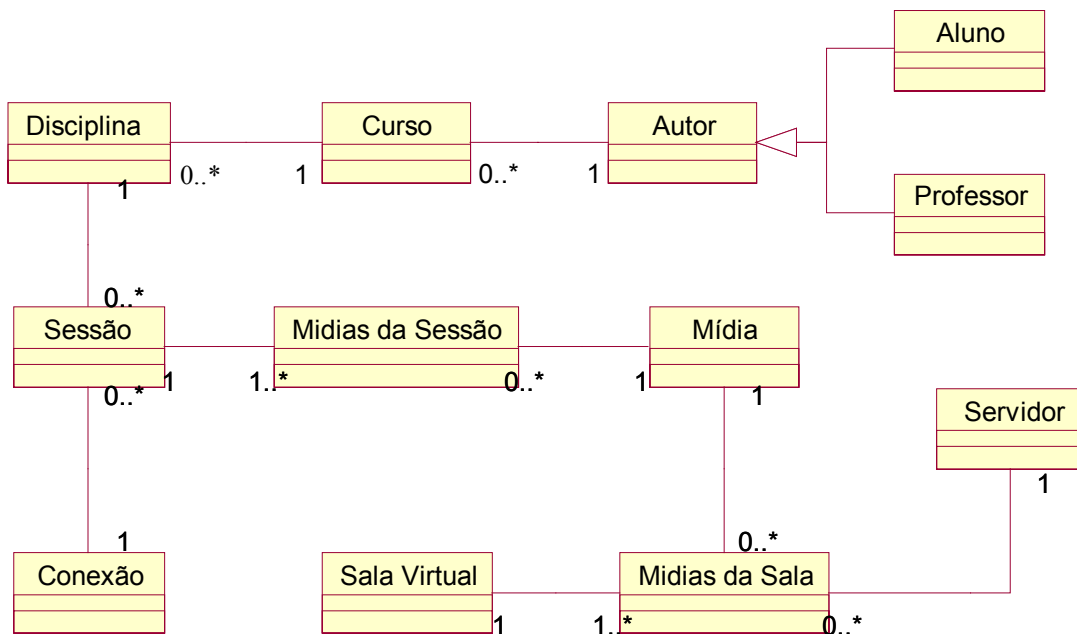


Figura 6.11 – Modelo conceitual do banco de dados do AVET.

Como pode ser observado na Figura 6.11, o banco de dados modelado para o AVET armazena informações sobre:

- ✓ As sessões agendadas no ambiente;
- ✓ Os serviços disponíveis durante a videoconferência;
- ✓ Equipamentos que compõe a infra-estrutura dos serviços;
- ✓ Agrupamento dos recurso em Salas Virtuais;

Na tabela denominada *Sessões*, são armazenados os dados agendados sobre uma videoconferência tais como: a data da sessão, o hora prevista para o início e o término, o máximo de participantes permitidos, o código do coordenador, o código do interlocutor entre outros dados.

Para agendar uma sessão, os dados relativos a administração do ambiente precisam estar disponíveis. Para isso, o administrador do ambiente registra, na tabela “*Servidores*”, todos os equipamentos existentes no ambiente para prover o serviço de videoconferência. Na tabela *Mídias*, são registrados os serviços disponíveis durante uma sessão (áudio e vídeo, chat, hipermídia, etc.). Para tornar transparente ao usuário aspectos relativos a infra-estrutura de redes que está sendo utilizada, o administrador cadastra Salas Virtuais, na tabela *Sala Virtual*, agrupando um conjunto de mídias e servidores na tabela *Mídias da Sala Virtual*.

De acordo com a infra-estrutura de redes, que está sendo utilizada para prover o serviço, o administrador do ambiente cadastra na tabela *Conexão*, utilizando uma linguagem acessível ao usuário, as possíveis taxas de transmissão recomendáveis para uma sessão que está sendo agendada.

Se a infra-estrutura de redes permite que os servidores do ambiente possam negociar QoS durante a abertura de conexões para transmissão de dados, o administrador pode cadastrar tipos diferentes de Serviços e descrever os valores dos parâmetros a serem negociados pelos objetos servidores com a infra-estrutura [Girox99].

6.3.1 – Estrutura de Armazenamento das Mídias Gravadas

O banco de dados do AVET foi projetado para armazenar as URLs e não as próprias mídias processadas durante uma Videoconferência. Isto possibilita um gerenciamento mais

simples e uma menor dependência de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) específico. A estrutura de física (diretórios) utilizada para organizar as mídias no AVET é criada de acordo com a estrutura lógica dos Cursos e das Disciplinas.

Na Figura 6.12, é apresentado o esquema de hierarquia de diretórios utilizado para armazenamento das *mídias*. A raiz da estrutura de diretórios, chamada AVET, deve ser localizada abaixo do diretório raiz usado pelo Servidor de Armazenamento de Mídias (SAM). Para cada Curso registrado no INVENTE, um subdiretório (ou pasta) no diretório AVET é criado. A identificação desse subdiretório é o código do curso, usado como chave primária da tabela respectiva no banco de dados. Para cada disciplina de um curso também é criado um subdiretório, dentro do diretório do respectivo curso, cujo nome é o código da disciplina. As mídias de uma sessão serão, então, armazenadas no diretório correspondente à disciplina a qual a videoconferência está associada, facilitando o posterior acesso sob demanda.

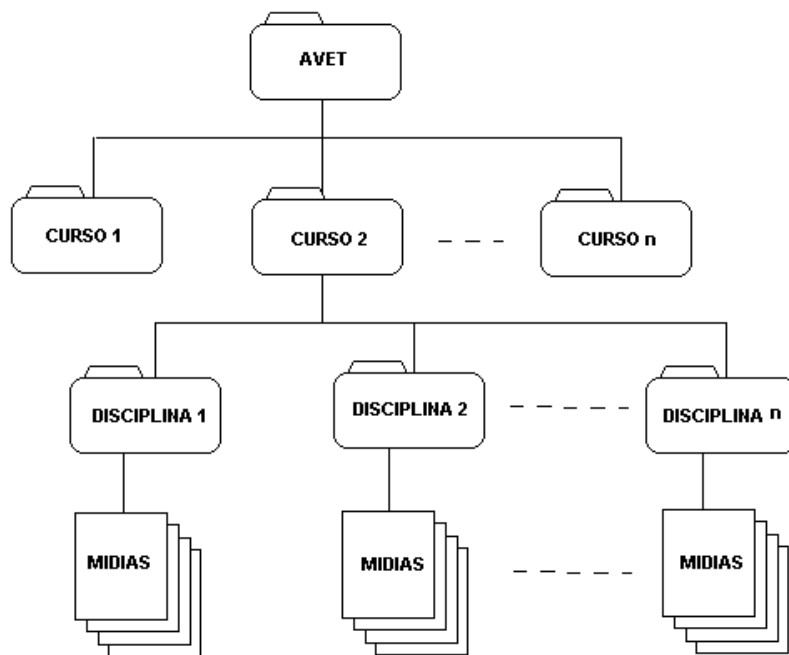


Figura 6.12 - Estrutura de Diretórios para armazenamento de mídias do AVET

Para compor o nome de um arquivo que contém uma determinada mídia de uma sessão, o código da sessão, que é a chave primária na tabela de *sessões*, é concatenado ao código da mídia específica, que é a chave primária na tabela de *mídias*, e é acrescentada

uma extensão para o arquivo de acordo com o tipo da mídia armazenada. Assim é garantido um nome único para cada arquivo de mídia da sessão.

Para facilitar o posterior acesso sob demanda bem como o processo de backup (cópias de segurança) das mídias de uma sessão, o AVET prevê o uso de um serviço centralizado para o armazenamento dos arquivos. Portanto, ao configurar a aplicação, o administrador deverá especificar a forma e o local de armazenamento das mídias. Se a infra-estrutura utiliza um sistema de arquivos distribuídos, o administrador informa apenas o diretório base (onde se localiza a pasta AVET) no qual as mídias deverão ser armazenadas. Caso não se utilize um sistema de arquivos distribuídos, o administrador informa a URL do serviço que receberá o fluxo da mídia e armazenará em um servidor específico, ou seja, o Servidor de Armazenamento de Mídias (SAM). Essas informações de configuração serão utilizadas pelos diversos SDMs do ambiente para eles saibam se devem gravar em um arquivo ou refletir o fluxo de dados para outro servidor.

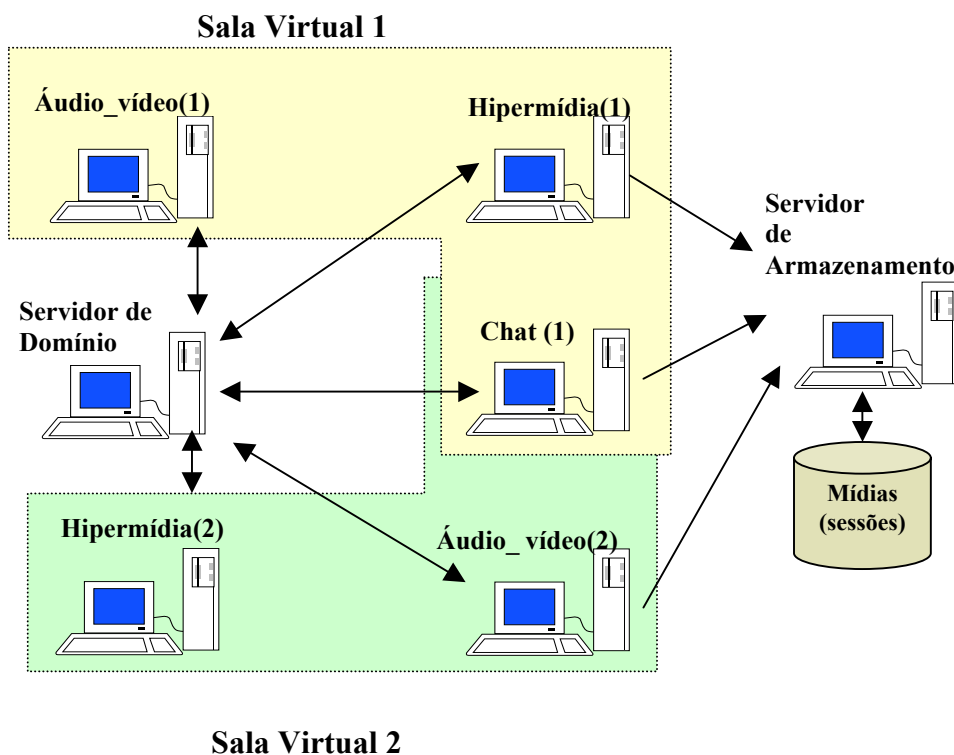


Figura 6.13 – Serviço de Armazenamento das mídias de uma sessão.

Na figura 6.13, pode-se observar o funcionamento do serviço de armazenamento. Cada servidor do ambiente reflete um fluxo extra da mídia, que está sendo distribuída, para

o servidor de armazenamento. Ao receber o fluxo, o servidor de armazenamento identifica o tipo da mídia, a sessão à qual ela pertence e passa a gravá-la em um subdiretório específico, de acordo com o curso e a disciplina da sessão (ver Figura 6.12).

6.4 – Componentes da Camada de Apresentação

A camada de apresentação corresponde a camada de software responsável pela formatação dos dados apresentados ao usuário. É através desta camada que o usuário interage com a aplicação.

A camada de apresentação do AVET é composta por objetos que fazem a interface entre os usuários e os objetos servidores. No escopo desta dissertação, são previstos cinco objetos na composição da camada de apresentação:

- O reprodutor de áudio e vídeo;
- A Janela de Comunicação Textual;
- O Quadro Hipermedia;
- O Laboratório Virtual;
- A Janela de Controle e Contexto;

Em vista da abrangência do problema aqui abordado, A implementação da aplicação não abrange o serviço de hipermedia nem o laboratório virtual. É apresentado a seguir o projeto dos objetos implementados.

6.4.1 – O Reprodutor de Áudio e Vídeo

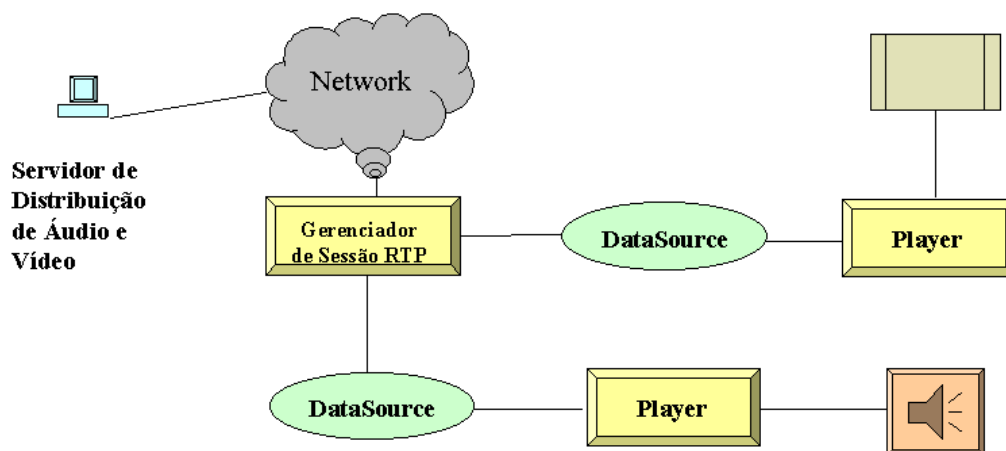


Figura 6.14 – Fluxo de dados do reprodutor de áudio e vídeo.

Como pode ser visto na Figura 6.14, o reprodutor de áudio e vídeo é projetado para receber um stream através de uma conexão RTP. O stream pode conter fluxos multiplexados ou isolados de áudio e vídeo. O objeto gerenciador da sessão, ao receber um stream, gera um objeto *DataSource* para cada fluxo específico. Para cada *DataSource* específico é instanciado um Objeto *Player* que reproduz a mídia específica para o usuário.

Para receber e reproduzir os fluxos de mídias de uma conferência o *Reprodutor de Áudio e Vídeo* utiliza um conjunto de propriedades e métodos e instancia um conjunto de outros objetos. As propriedades e os objetos que tem um papel fundamental do processo de reprodução das mídias são:

Address: esta propriedade armazena o endereço do transmissor da mídia, ou seja, o distribuidor de áudio e vídeo;

Portstr: esta propriedade armazena o valor da porta utilizada pelo transmissor para estabelecer a conexão RTP utilizada para transmissão das mídias de uma conferência;

Player: este objeto é responsável pela reprodução do áudio e vídeo recebido através de uma conexão RTP.

SessionManager: este objeto gerencia a sessão estabelecida entre o objeto do tipo DM e o reprodutor para transmissão do áudio e vídeo de uma conferência.

Para realizar as ações necessárias ao estabelecimento da conexão RTP e reprodução das mídias recebidas o *Reprodutor de Áudio e Vídeo* implementa um conjunto de métodos. Os principais métodos são:

StartSessionManager(String destaddrstr, int port, String media): este método cria um objeto para gerenciar a sessão RTP que recebe as mídias transmitidas e adiciona os métodos responsáveis pela “escuta” dos sinais de controle enviados através da sessão.

Update(ReceiveStreamEvent event): ao receber um evento através da sessão RTP, este método verifica se o evento determina a chegada de um novo stream. Se detecta a chegada de um novo stream o método cria um objeto *DataSource* para o fluxo recebido e um objeto *player* para reproduzir o conteúdo do objeto *DataSource*.

Start(): inicia a reprodução dos fluxos recebidos.

Stop(): para a reprodução dos fluxos recebidos.

Destroy(): libera todos os recursos utilizados pelo reprodutor, parando a reprodução e removendo os objetos instanciados.

O reprodutor de áudio e vídeo foi projetado de forma que o usuário possa optar pelo recebimento do áudio e vídeo, somente do áudio ou do vídeo ou de nenhum dos dois. Caso a taxa de recepção utilizada pelo participante esteja abaixo do necessário para receber o vídeo da videoconferência, ele pode optar por receber apenas o áudio. Para isso o reprodutor, através de uma interface visual, permite que o usuário pare a recepção das mídias que não deseja, ou não possa, receber.

6.5 – Colaboração e Comunicação entre os Objetos Distribuídos

Como mencionado anteriormente, o AVET utiliza RPCs, (chamadas a procedimentos remotos) para promover a comunicação dentro do ambiente, permitindo a colaboração entre os objetos distribuídos para a prestação do serviço de videoconferência, dentro de um ambiente de educação tecnológica à distância. Esta sessão ilustra esse processo de colaboração e comunicação dentro do ambiente, através da modelagem das principais atividades que ocorrem durante o uso da aplicação.

6.5.1 – Inicializando uma Sessão

O Diagrama de Colaboração apresentado na Figura 6.15 utiliza a notação UML [www04] para ilustrar a inicialização de uma sessão de videoconferência no ambiente, mostrando a troca de mensagens entre os objetos durante o processo.

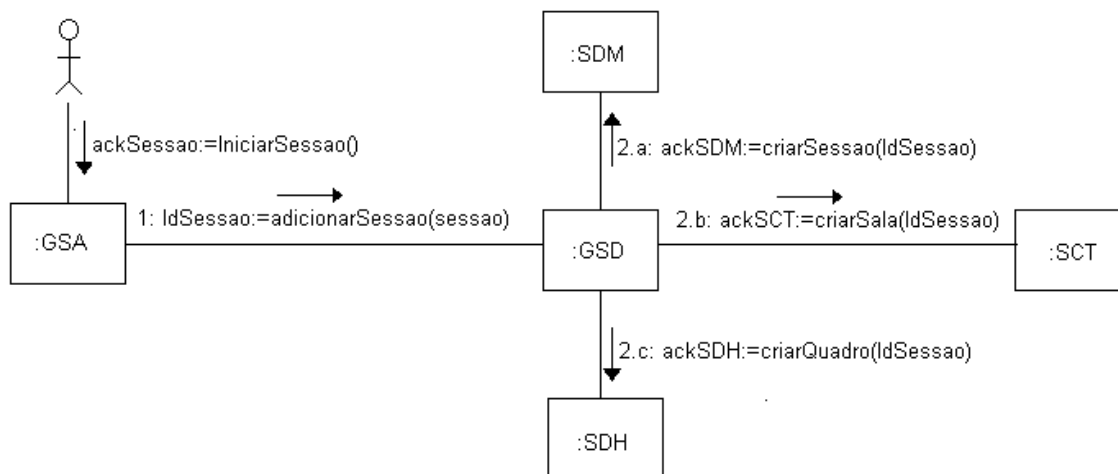


Figura 6.15 - Diagrama de Colaboração entre os objetos durante a inicialização de uma sessão.

Quando um usuário solicita a inicialização de uma sessão, sua requisição é recebida pelo servidor de gestão do AVET e analisada. De acordo com as regras para inicialização de uma sessão, o GSA recusa ou aceita a solicitação. Caso rejeite, ele envia uma resposta negativa ao cliente contendo o código do respectivo motivo. Processando de forma satisfatória a requisição do cliente, o SGA encaminha ao GSD uma mensagem solicitando a alocação dos recursos necessários àquela sessão. O GSD, então, redistribui a mensagem pelo ambiente, acionando os métodos remotos dos outros servidores e instanciando os objetos necessários ao funcionamento da respectiva videoconferência.

6.5.2 – Acrescentando um Participante à Sessão

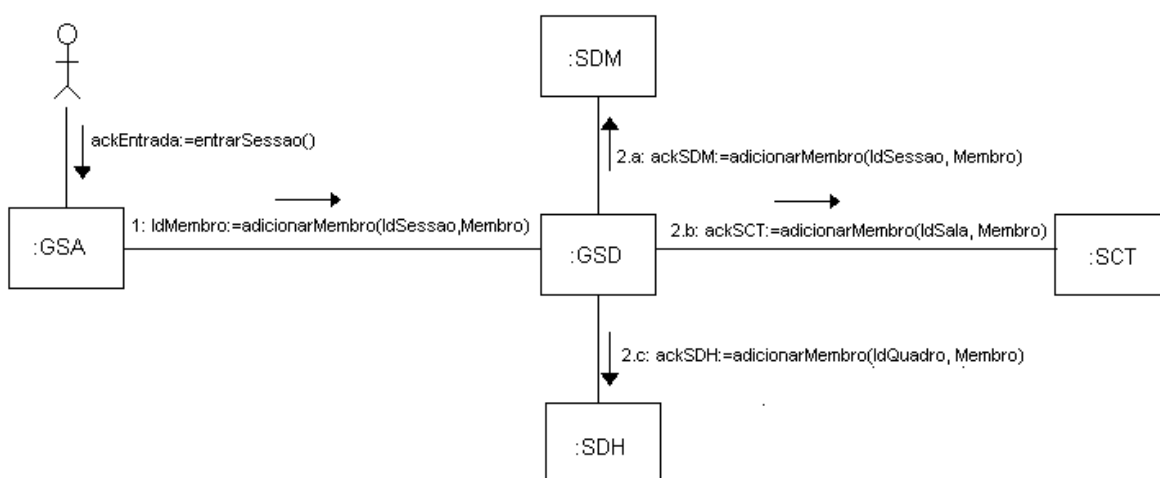


Figura 6.16 – Diagrama de Colaboração entre os objetos durante a entrada de um participante

Na Figura 6.16, pode ser analisada a colaboração entre os objetos para promover a entrada de um participante em uma determinada sessão de videoconferência. Quando um usuário solicita a entrada em uma sessão, o SGA localiza a identificação daquela sessão, verifica os direitos do usuário e encaminha a solicitação ao GSD. Ao receber a requisição o GSD aciona os métodos necessários a inclusão do participante como membro dos diversos serviços disponíveis para aquela sessão de videoconferência específica.

Pode-se observar que o objeto SGA atua como um mediador entre os protagonistas do ambiente virtual e os recursos disponíveis à sessão de videoconferência, encaminhando as requisições ao GSD. O GSD, ao receber uma mensagem do GSA, redistribui a todos os objetos servidores agregados ao ambiente.

Este modelo de comunicação foi assim projetado para tornar a aplicação *independente e extensível*. A aplicação é *independente* porque, apesar de está totalmente integrada ao INVENTE, pode ser facilmente adaptada a outro ambiente de EAD modificando para isso apenas o SGA. O termo *extensível* está ligado a possibilidade de se agregar novos serviços a aplicação através da especialização da classe Mídia agregada ao GSD. Essas características de projeto da aplicação procuram atender a dimensão crítica da “*flexibilização do ambiente*” discutida no capítulo IV desta dissertação.

6.6 – Considerações Finais

Neste capítulo, foram apresentados detalhes sobre a arquitetura do AVET, a modelagem dos objetos que compõem a aplicação e além disso foi ilustrado o processo de comunicação no ambiente distribuído. Durante a explanação procurou-se manter, na medida do possível, a especificação da solução independente dos detalhes relativos a tecnologia empregada para implementação do ambiente.

No próximo capítulo serão abordadas as tecnologias escolhidas para implementação do protótipo da aplicação, como ele se agrega ao INVENTE, detalhes de operação e administração e a forma como os objetos se comunicam.

CAPITULO VII – Cenário de Implementação e Operação do AVET

7.1 - Tecnologias de Implementação.

Nesta seção, são apresentadas as tecnologias de software e banco de dados utilizados para a implementação do protótipo da aplicação. Como se discutiu no Capítulo VI desta Dissertação, a aplicação utiliza uma solução *cliente/servidor distribuída em "n-camadas"* (Figura 7.1).

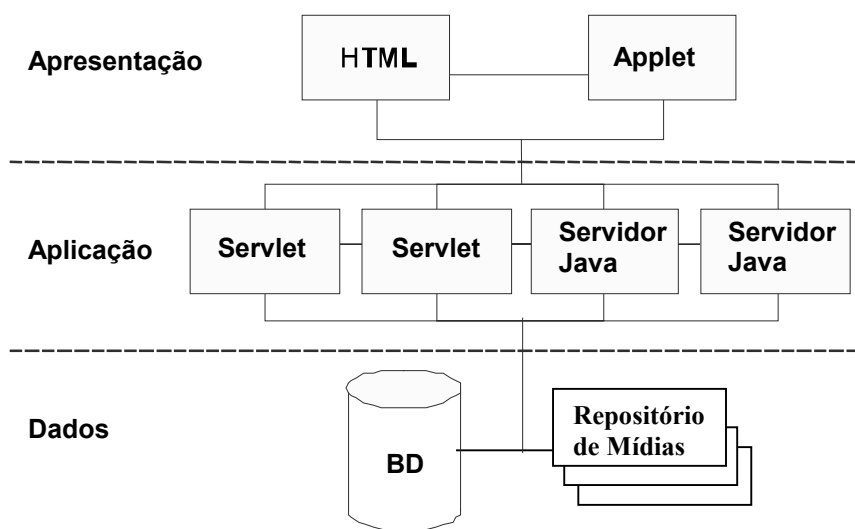


Figura 7.1 – Modelo em "n-camadas" utilizado pelo AVET.

7.1.1 – A Camada de Apresentação

A *camada de apresentação* é constituída por elementos responsáveis pela interface de comunicação do usuário com a aplicação. No AVET, esta camada se constitui de **páginas HTML**, *applets*¹ **Java**, **JavaScript**, e outras tecnologias disponíveis na maioria dos navegadores (Browsers).

Esta camada é responsável pelas funções de operação e navegação da aplicação, bem como pela transmissão e recepção das mídias utilizadas durante uma sessão de

¹**Applets java** são pequenas aplicações escritas na linguagem JAVA que são transferidas de um servidor HTTP através de uma conexão de rede e executadas no navegador do cliente.

videoconferência. Apesar de possuir limitações quanto ao suporte à diversos tipos de mídias existentes, o navegador foi escolhido por atender a uma das principais dimensões críticas discutida no Capítulo VI desta dissertação, a “Adaptação Cultural”, visto que ele faz parte da cultura já estabelecida pela Internet.

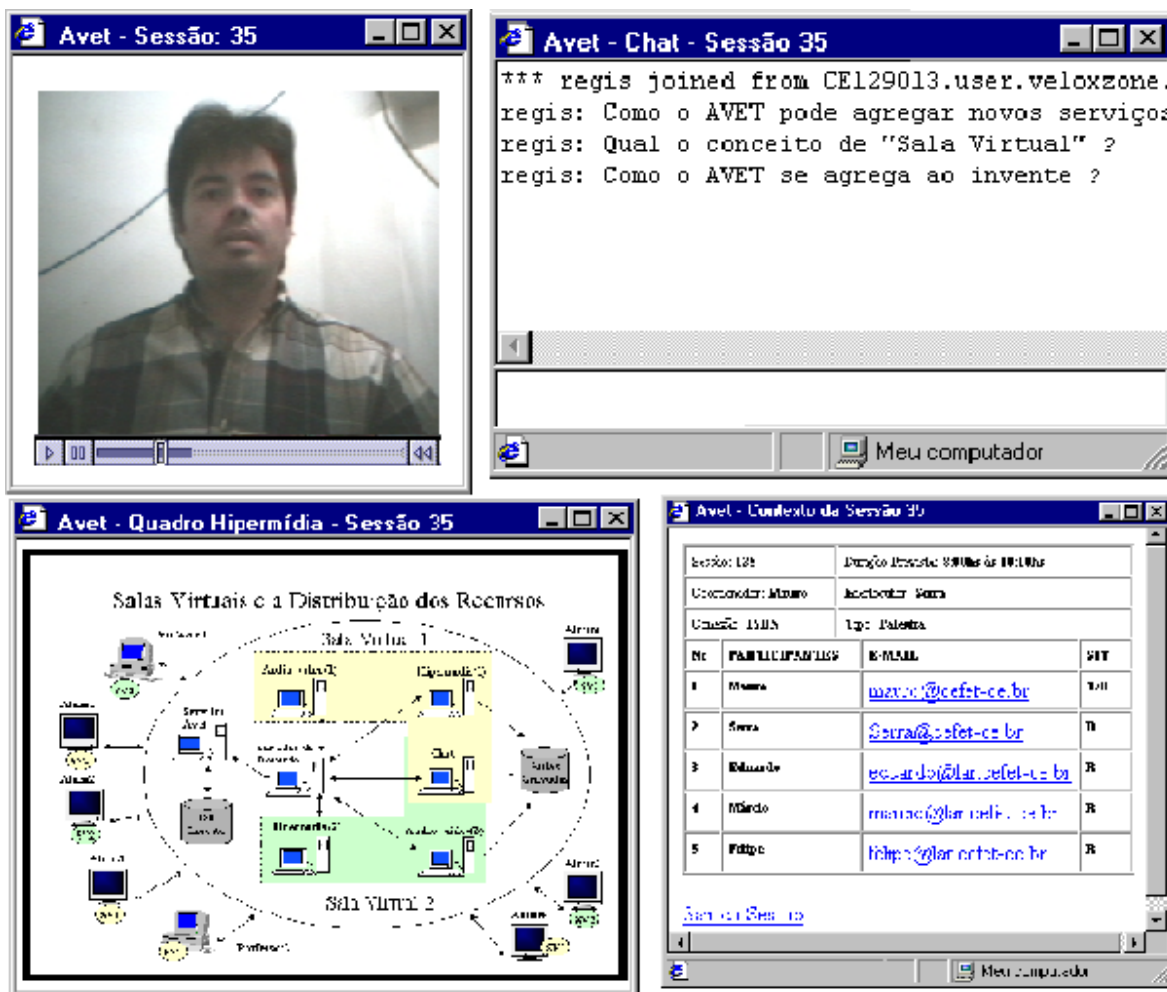


Figura 7.2 – Camada de Apresentação do AVET

No AVET, a camada de apresentação, introduzida na seção 4.4 do Capítulo IV, é composta por um conjunto de Janelas instanciadas a partir de um navegador (browser). Para cada serviço (áudio e vídeo, chat, hipermídia, etc.) provido, é acionada uma janela específica. Quando um usuário entra em uma sessão de videoconferência, essas janelas são acionadas automaticamente, de acordo com os recursos disponíveis.

Como pode ser visto na Figura 7.2, quando o usuário solicita a entrada em uma sessão de videoconferência, a aplicação automaticamente aciona as janelas necessárias para que ele utilize todos os recursos disponíveis para aquela sessão. Essas janelas ficam distribuídas de forma organizada na tela do usuário, que pode reposicioná-las ou redimensioná-las de acordo com suas preferências.

A divisão da interface em várias janelas tem como objetivo flexibilizar a operação da aplicação. Permitindo, por exemplo, que o usuário feche a janela de reprodução de áudio e vídeo utilizando somente os outros recursos (chat, quadro hipermídia, etc.). Ou ainda que o coordenador acione dois quadros hipermídia onde primeiro apresenta slides, enquanto no segundo, é apresentado um vídeo sob demanda.

7.1.2 - A Camada de Aplicação

A *camada de aplicação* é implementada no ambiente por um conjunto de **códigos JSP² (java server pages), Servlets³** [Davidison98] e programas servidores desenvolvidos na linguagem Java, que estendem classes da **API JMF (Java Media Framework)** [www12] e a **tecnologia de comunicação Java RMI**. Como pode ser visto na Figura 7.3, esta camada é responsável pela gestão dos serviços distribuídos e pela recepção e transmissão de mídias durante uma sessão de videoconferência.

O Servidor de Gestão do Avet (SGA) é implementado como um Servlet JAVA [www13] que recebe requisições dos usuários AVET, executa os procedimentos necessários e retorna uma resposta ao cliente em formato suportado pelo Navegador. O SGA funciona também como um cliente RMI⁴ (Remote Method Invocation) do Gerenciador de Serviços Distribuídos (GSD), acionando métodos remotos, quando necessário.

² **JSP** é uma tecnologia desenvolvida pela empresa SUN Microsystems, que permite a construção de páginas dinâmicas mesclando códigos HTML, Java e JavaScript. É uma tecnologia análoga ao ASP (Active Server Pages) desenvolvida pela Microsoft Corporation, que permite a junção de códigos em HTML, VisualBasic e VBScript.

³ **Servlet java** é uma aplicação do lado servidor desenvolvida em Java que é acionada através de uma requisição HTTP, recebe parâmetros, processa informações e retorna um conteúdo (HTML, texto, imagem, son, áudio, vídeo, etc.) para o navegador do cliente que enviou a requisição.

⁴ **RMI (Remote Method Invocation)** é uma tecnologia Java que permite a invocação remota de métodos através de uma rede de computadores, utilizando interfaces de comunicação através da construção de códigos denominados stubs (no lado cliente) e skeletons (no lado servidor).

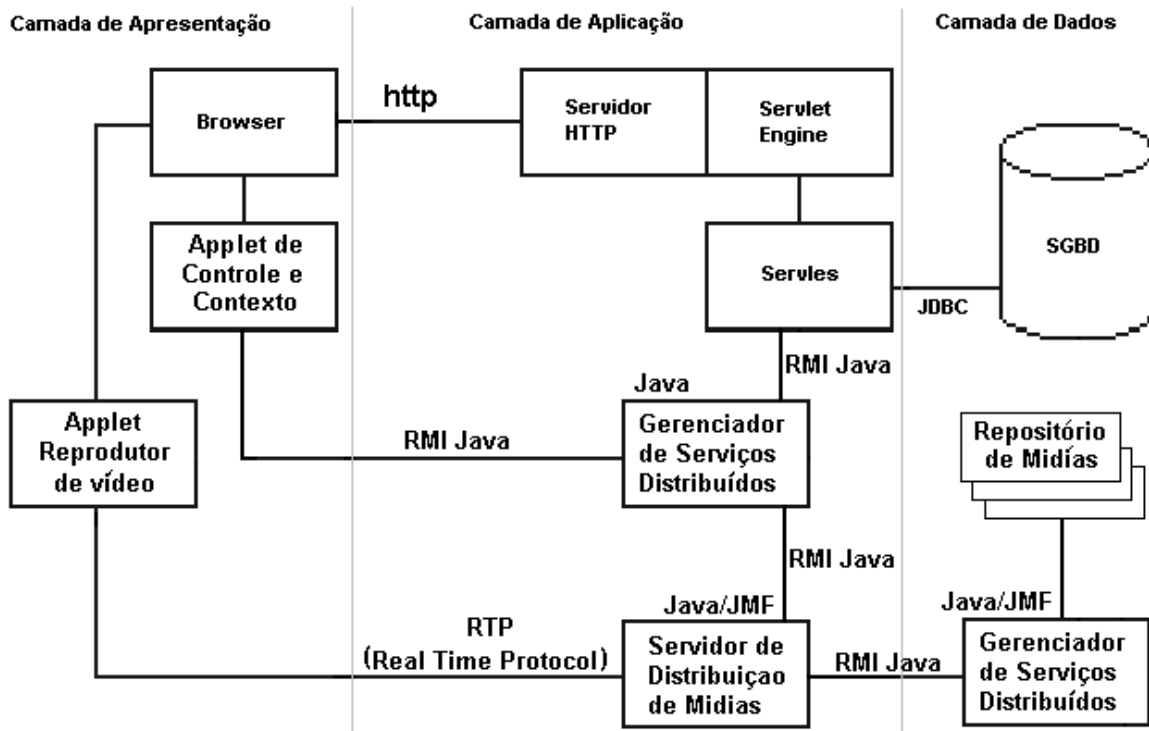


Figura 7.3 – Componentes da camada de aplicação e as tecnologias adotadas

Por exemplo, quando um usuário solicita a entrada em uma das sessões de videoconferência, o navegador envia a requisição ao Servlet do GSA, o Servlet consulta o Banco de Dados para validar o usuário e a sessão e depois aciona um método remoto do GSD para adicionar o usuário à videoconferência.

O Gerenciador de Serviços Distribuídos (GSD) é implementado como um cliente/servidor *Java RMI*. Ele age como servidor, atendendo as invocações remotas do Servlet do SGA, e como cliente, acionando métodos remotos de outros servidores do ambiente. Quando, por exemplo, o SGA aciona um método do GSD, solicitando a inclusão de um novo membro em uma sessão de videoconferência, o GSD aciona os métodos remotos necessários para adicionar o usuário em todos os serviços disponíveis na sessão, ou seja, ele distribui a mensagem a todos os outros servidores da aplicação.

O Servidor de Distribuição de Mídia (SDM) é implementado como um Servidor RMI Java e utiliza objetos pertencentes a API JMF (Java Mídia Framework). O JMF fornece os recursos necessários para o tratamento das mídias, bem como o gerenciamento das conexões RTP utilizadas na recepção e transmissão de áudio e vídeo.

Novos serviços agregados a aplicação devem ser implementados como Servidores RMI Java, de forma que o GSD possa ser estendido e os códigos necessários ao acionamento remoto de métodos sejam acrescentados. Dessa forma, a gerência do ambiente pode ser feita de forma centralizada pelo GSD.

Entre os fatores que levaram a escolha da tecnologia Java para a implementação dos componentes da aplicação, podem ser destacados:

- a existência de uma API JAVA (JMF - Java Media Framework) específica para o tratamento de áudio e vídeo;
- a tecnologia JAVA foi utilizada na implementação do INVENTE;
- o JAVA é uma linguagem orientada a objetos, facilitando o desenvolvimento e manutenção do código;
- por possuir a tecnologia RMI (Remote Method Invocation), que permite a invocação de métodos em objetos distribuídos utilizando a linguagem Java e
- pelas perspectivas de ampliação da utilização da linguagem Java em áreas diversas.

7.1.3 – A Camada de Dados

A camada de dados contém os mecanismos necessários para o armazenamento e a recuperação dos dados e conteúdos da aplicação. Para armazenar os dados, o AVET utiliza o banco de dados relacional MySQL.

Apesar de ser uma aplicação projetada e implementada utilizando-se a tecnologia de orientação a objetos, o banco de dados escolhido foi o relacional por dois motivos principais. O primeiro, diz respeito ao ambiente ao qual o AVET está integrado. Como o INVENTE utiliza um banco de dados relacional, a implementação de um banco de dados orientado a objetos dificultaria a integração dos dois ambientes. O segundo, é o fato de que toda a tecnologia utilizada para desenvolvimento do ambiente é de natureza livre, assim como acontece com MySQL, o que permite que instituições de ensino, com recursos financeiros escassos, possam utilizar a ferramenta para promover o aprendizado a distância.

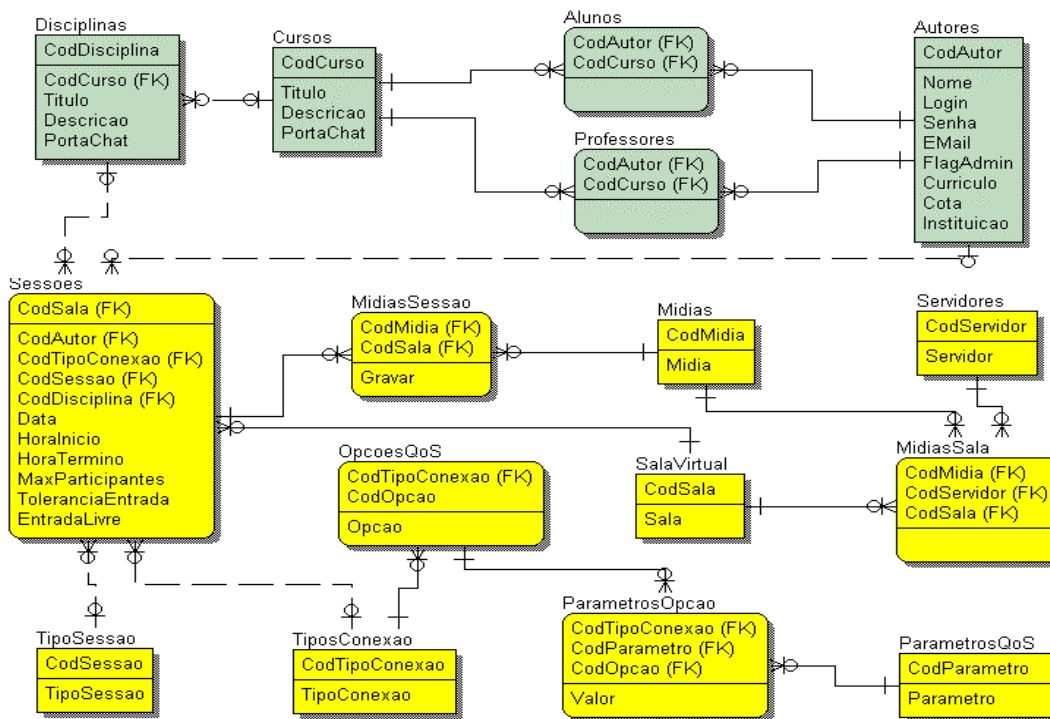


Figura 7.4 – Modelo Entidade-Relacionamento do Banco de Dados do AVET

O Modelo Entidade-Relacionamento da aplicação pode ser visto na Figura 7.4. Como pode ser observado, o banco de dados armazena informações sobre as sessões de videoconferência, sobre os recursos disponíveis no ambiente e sobre a infra-estrutura utilizada.

As mídias distribuídas em uma videoconferência, são armazenadas em forma de arquivos, organizados em diretórios e subdiretórios de acordo com o contexto (curso e disciplina) no qual foram geradas. A estrutura utilizada para o armazenamento do conteúdo é discutida no Tópico 5.3.1 do Capítulo 5. O gerenciamento desses arquivos é feito pelo próprio sistema operacional do equipamento que hospeda o serviço de armazenamento de mídias da aplicação.

7.2 - Agregação do AVET ao INVENTE.

Como foi ressaltado no Capítulo I deste documento, o INVENTE prevê em sua arquitetura a fácil agregação de novas ferramentas [Soares2001]. Em princípio, qualquer

aplicação cliente/servidor pode ser acionada através do Painel de Navegação do INVENTE, veja Figura 7.5. Para agregar o AVET ao INVENTE é necessário que:

1. O Servidor de Gestão do AVET esteja instalado em algum nó da rede;
2. Os documentos, programas e arquivos necessários ao funcionamento do Servidor de Gestão do AVET estejam disponibilizados para distribuição (*download*) no servidor Web do INVENTE;
3. O navegador do cliente e o servidor Web estejam configurados, quando necessário, para executar os *aplicativos auxiliares* relativos aos recursos utilizados pelo AVET;
4. O AVET esteja registrado no banco de dados do INVENTE, guardando os atributos necessários à criação de uma instância da *classe aplicação*. Esta aplicação deve estar associada a pelo menos um grupo de aplicações, para que possa ser apresentada no Painel de Navegação do INVENTE. Nesta versão o AVET está associado ao grupo “AULAS” e identificado com o nome “Ao vivo”
5. No registro relativo ao AVET, armazenado na Tabela de Aplicações no banco de dados do INVENTE, esteja registrada a URL que será utilizada no estabelecimento da requisição HTTP para o programa servidor intermediário da aplicação, neste caso, o servidor de gestão do AVET.

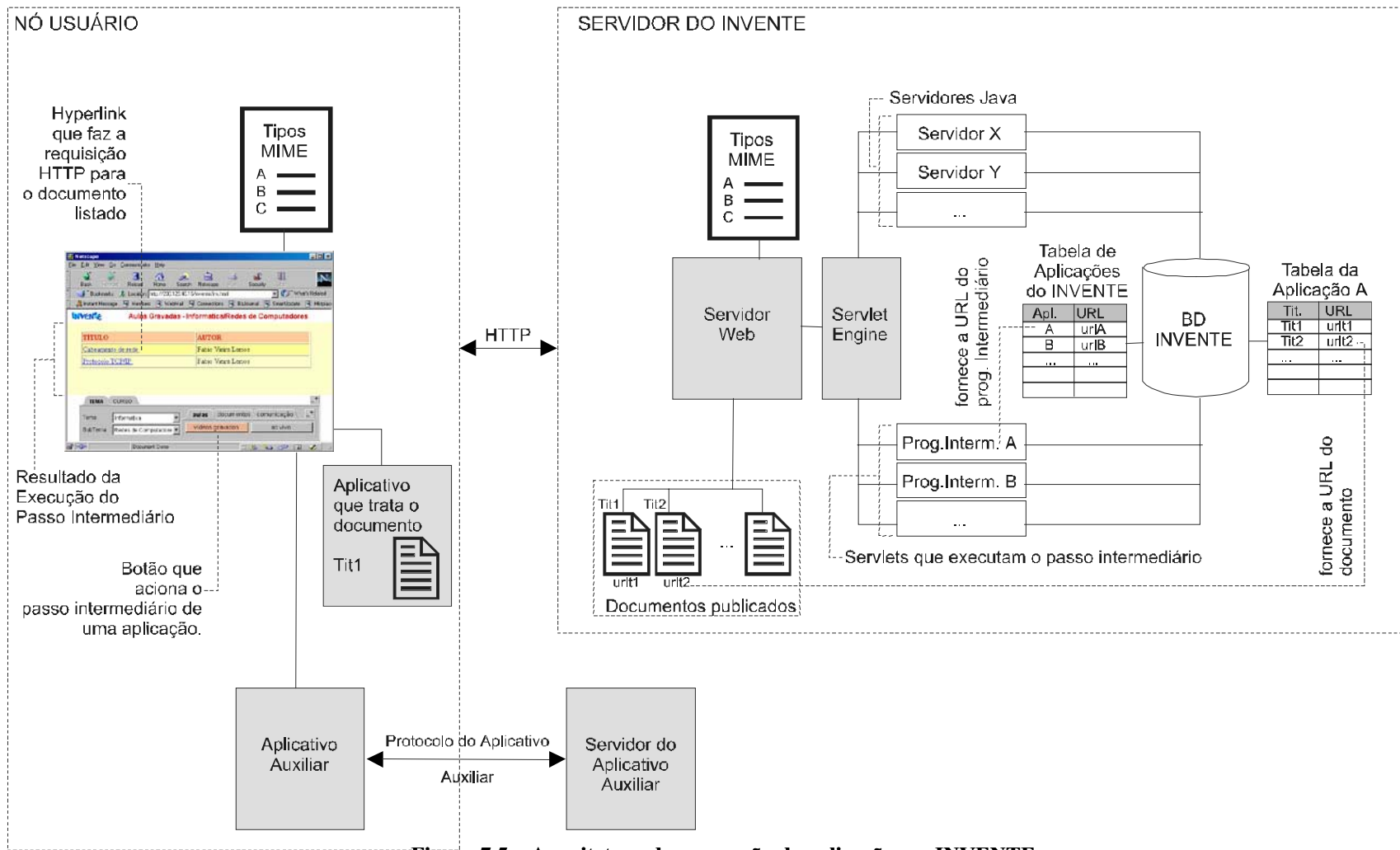


Figura 7.5 – Arquitetura de agregação de aplicações ao INVENTE

Pode ser visto na Figura 7.5 como as aplicações são agregadas ao modelo cliente/servidor Web utilizado pelo INVENTE [Soares2001].

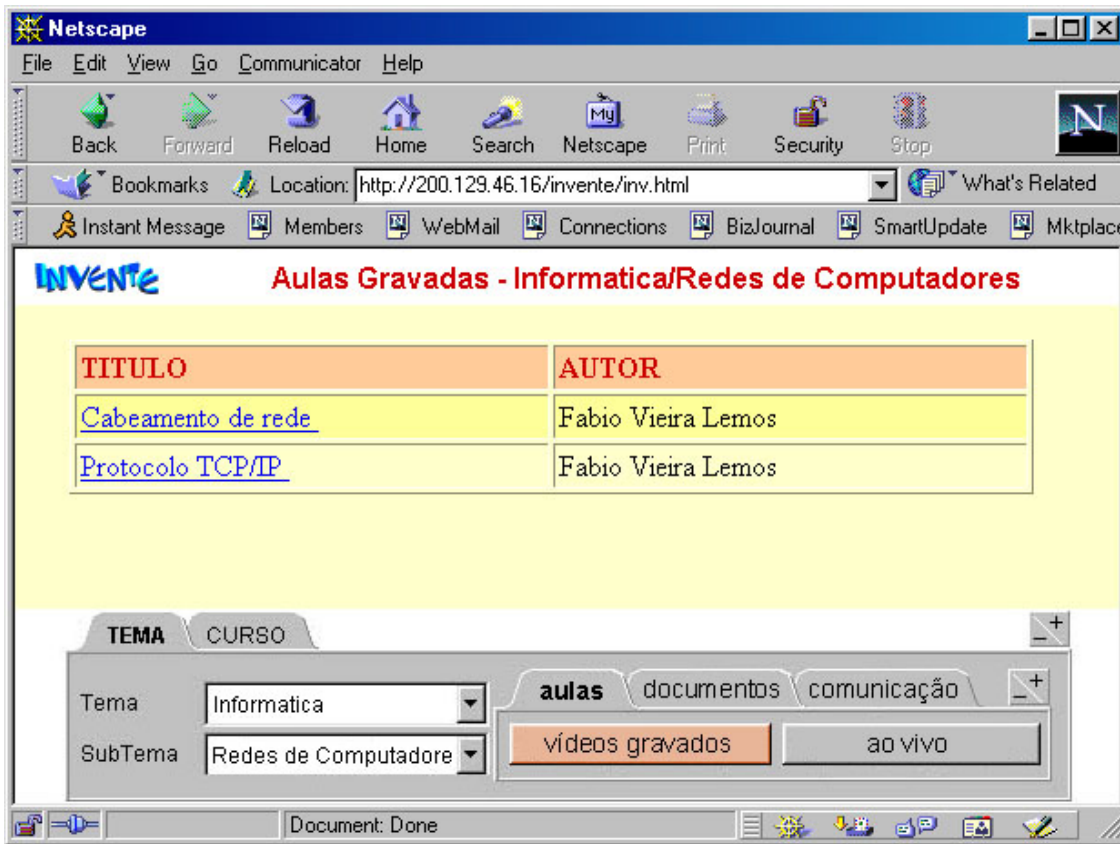


Figura 7.6 – Execução do passo intermediário para a aplicação “vídeos gravados”

Na Figura 7.5, podem ser vistos os servlets que efetuam o *passo intermediário* de uma aplicação no INVENTE. O passo intermediário corresponde ao *acionamento da aplicação* que é executado quando um botão do Painel de Navegação é pressionado. A idéia fundamental é que os documentos tratados pelas aplicações sejam organizados dentro do espaço de contextualização do INVENTE (Temas/Subtemas ou Cursos/Disciplinas). Estes programas intermediários possuem a função de selecionar os documentos publicados para o contexto configurado no Painel de Navegação que estão associados à aplicação acionada. Na Figura 7.6 é apresentado o resultado da execução do passo intermediário para a aplicação denominada “vídeos gravados”, disponibilizada no Painel de Navegação através do Grupo “aulas”. Foram apresentados os títulos disponíveis e associados à aplicação “vídeos gravados” para o contexto configurado no Painel de Navegação, isto é, para o Tema “Informática” e subtema “Redes de Computadores”. A aplicação é efetivamente

executada através do acionamento dos *hyperlinks* apresentados no *navegador* do usuário como resultado do passo intermediário, provocando a abertura de uma nova janela ou a execução de um *aplicativo auxiliar*. Esta operação corresponde à *alocação de recurso*. A Figura 7.7 mostra a janela aberta para o vídeo “Protocolo TCP/IP”, após o acionamento do *hyperlink* respectivo no browser do usuário [Soares2001].



Figura 7.7 – Execução do vídeo gravado com o título “Protocolo TCP/IP”

No caso específico do AVET, *o passo intermediário* será uma responsabilidade do SGA que apresentará as informações relativas às sessões dentro do contexto do INVENTE (Temas/Subtemas ou Cursos/Disciplinas). A partir dos links apresentados no passo intermediário (aulas agendadas, aulas em andamento) é que a interface do ambiente será apresentada.

7.3 – A Navegação e a Operação no AVET

Como discutido no tópico anterior, o AVET está agregado ao INVENTE, e para um usuário acessar a aplicação ele precisa estar registrado no ambiente virtual de aprendizagem e realizar processo de autenticação (“login”) (Figura 7.8).

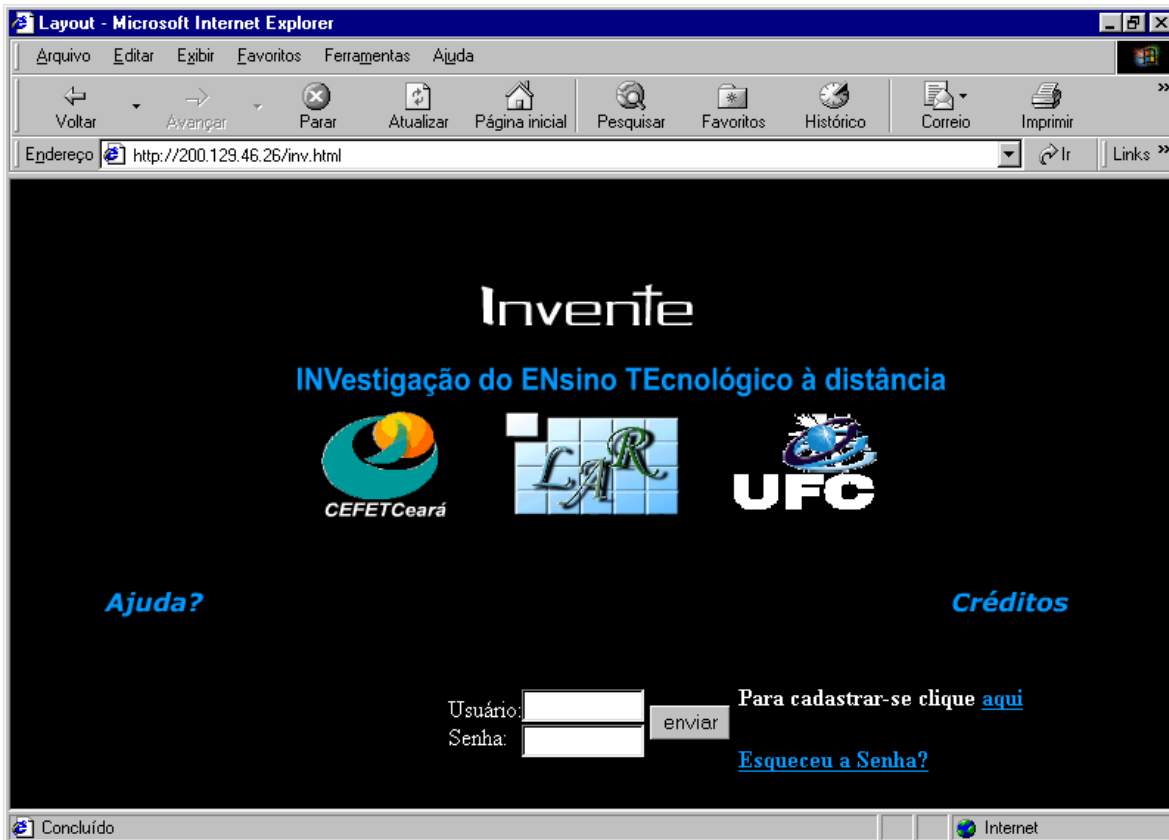


Figura 7.8– Janela de “login” do INVENTE.

Após se identificar no ambiente, ou seja, fornecer a identificação e a senha, o usuário terá acesso a “Barra de Navegação” (Figura 7.9), onde visualizará as caixas de diálogo para selecionar um contexto (curso e disciplina) e os grupos de aplicações. Entre os grupos de aplicações existe um grupo denominado “AULAS”. Ao clicar no grupo aulas é apresentado o botão “Ao vivo”, que permite ao usuário acionar o AVET.

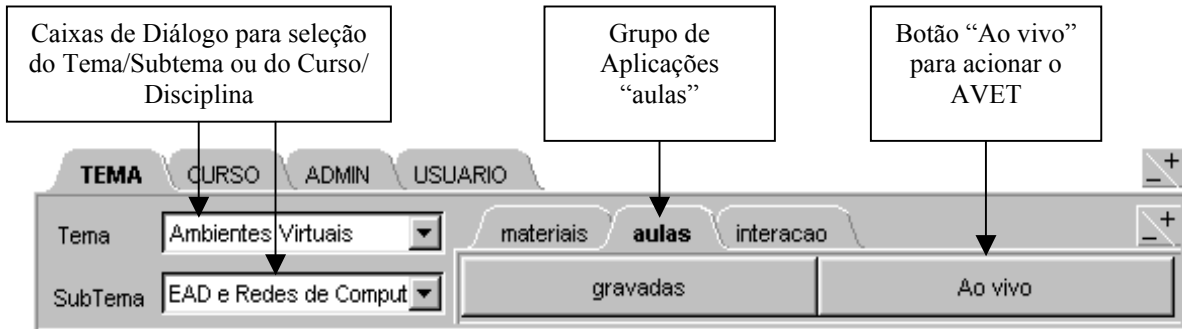


Figura 7.9 – Barra de Navegação do INVENTE.

Ao clicar no botão “ao vivo”, o usuário acionará a aplicação de videoconferência e receberá na tela uma página HTML, contendo informações sobre as sessões que estão agendadas para aquele contexto específico (curso/disciplina ou tema/subtema). Nesta página inicial da aplicação (Figura 7.10), o usuário terá acesso apenas as informações básica de identificação da sessão tais como: data, hora de início, hora de término, coordenador, tipo de conexão apropriada, etc.

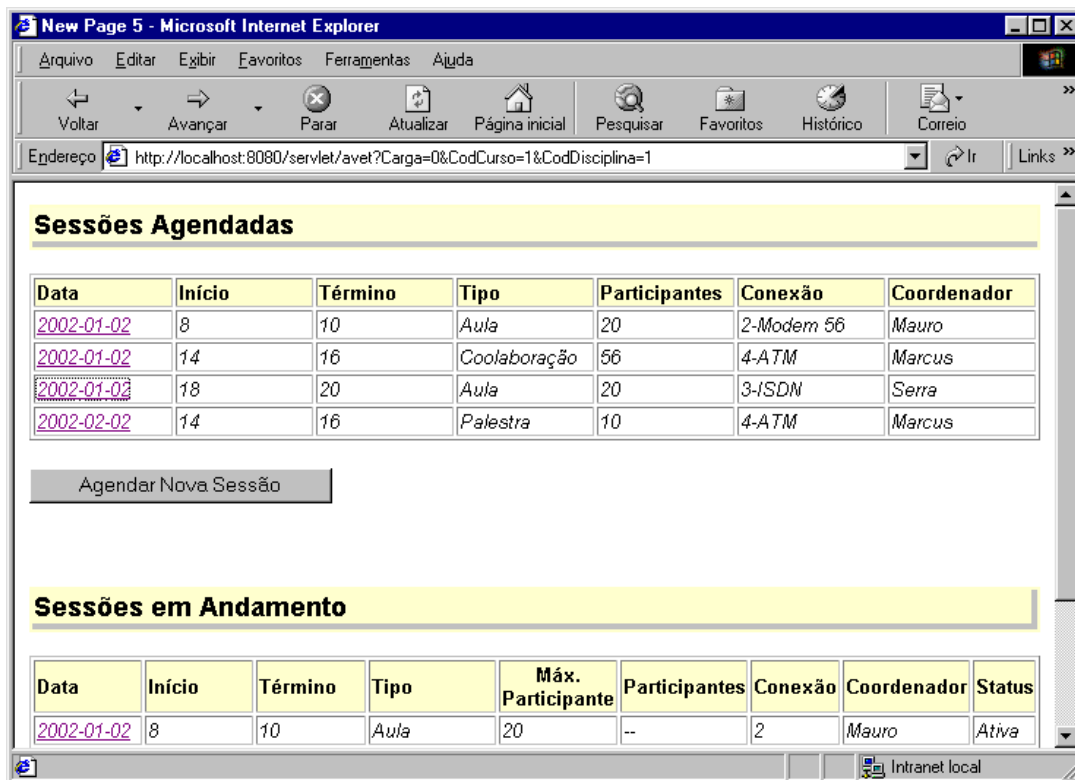


Figura 7.10 – “Passo Intermediário” da aplicação AVET no contexto do INVENTE.

7.3.1 – Agendando uma nova sessão de videoconferência

Quando o usuário, que acessa a aplicação, é o próprio autor do curso e disciplina, que estão selecionados na caixa de diálogo da barra de ferramentas, o botão “Agendar Nova Sessão” é disponibilizado pela aplicação. Clicando neste botão o usuário pode agendar uma nova sessão de videoconferência, fornecendo as informações necessárias através de um formulário em HTML.

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window with the title 'Curso - Microsoft Internet Explorer'. The address bar shows 'Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda' and 'Links >>'. The main content area displays a form titled 'Agendar Nova Sessão' with the following sections:

- Data / Horário**: Three input fields for 'Data', 'Hora Inicial', and 'Hora Término'.
- Recursos Utilizáveis**: A table with columns 'Recurso', 'Usa?', and 'Grava?'.

Recurso	Usa?	Grava?
Áudio/Vídeo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hipermídia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chat	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Responsáveis**: Two dropdown menus for 'Coordenador' (selected '1 - Serra') and 'Interlecutador' (selected '1 - Serra').
- Outras Informações**: A table with columns 'Tipo Sessão', 'Máximo de Participantes', 'Sala Virtual', 'Qualidade de Serviço', 'Minutos de Tolerância', and 'Esperar Coordenador'.

Tipo Sessão	Máximo de Participantes	Sala Virtual	Qualidade de Serviço	Minutos de Tolerância	Esperar Coordenador
1-aula		1 - Sala A	1 - Modem 28		<input type="checkbox"/>

At the bottom of the form are two buttons: 'Enviar' and 'Limpar'.

Figura 7.11 – Formulário para agendamento de uma nova sessão de videoconferência

A idéia principal no uso de formulários HTML é tornar o diálogo com os usuários o mais simples possível. Na Figura 7.11, pode-se observar as informações requeridas quando o autor agenda uma sessão de videoconferência. Após o usuário clicar no botão “Enviar” do formulário, as informações preenchidas são enviadas ao Servlet do SGA e gravadas no banco de dados relacional do ambiente.

7.3.2 – Alterando os dados de uma nova sessão agendada

O autor de um curso, que registrou uma sessão, tem direito de alterar os dados da sessão a qualquer momento antes de seu início. Para isso, quando o autor entra no AVET todas as sessões agendadas apresentam suas datas como hiperlinks. Para visualizar e alterar os dados, o autor precisa somente clicar sobre a data da respectiva sessão.

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer window with the title 'Curso - Microsoft Internet Explorer'. The browser's address bar and menu bar are visible. The main content area displays a form titled 'Agendar Nova Sessão' with several sections:

- Data / Horário**: A table with three columns: 'Data' (2002-01-02), 'Hora Inicial' (8), and 'Hora Término' (10).
- Recursos Utilizáveis**: A table with three columns: 'Recurso', 'Usa?', and 'Grava?'. The rows are 'Audio/Video', 'Hipermissão', and 'Chat', all with checked boxes in the 'Usa?' and 'Grava?' columns.
- Responsáveis**: A table with two columns: 'Coordenador' (2 - Mauro) and 'Interlecutador' (1 - Serra).
- Outras Informações**: A table with six columns: 'Tipo Sessão' (1-aula), 'Máximo de Participantes' (20), 'Sala Virtual' (1 - Sala.A), 'Qualidade de Serviço' (2 - Modem 56), 'Minutos de Tolerância' (30), and 'Esperar Coordenador' (checked).

At the bottom of the form, there are two buttons: 'Enviar' and 'Limpar'.

Figura 7.12 – Formulário para modificação dos dados de uma sessão.

Após a escolha da sessão a ser alterada, o autor visualizará um formulário HTML, equivalente ao preenchido no momento que agendou a sessão, contendo os dados atuais (Figura 7.12). Após modificar os dados desejados, o autor clica sobre o botão “*enviar*” e as informações são enviadas para o SGA que faz a substituição no Banco de Dados.

7.3.3 – Entrando em uma sessão de videoconferência

Para entrar em uma sessão de videoconferência em andamento, o usuário deve selecionar nas caixas de diálogo da barra de ferramentas o contexto ao qual a sessão está vinculada, ou seja, o curso e a disciplina. Após escolher o contexto, o usuário aciona o AVET e visualiza, além das sessões agendadas, as sessões que estão em andamento. Para entrar na sessão o aluno deve apenas clicar sobre a data da sessão, que contém um hiperlink que envia uma requisição http ao SGA.

Ao receber a requisição de entrada na sessão, o Servlet do SGA aciona os métodos remotos do GSD, que distribui a mensagem para os outros servidores da aplicação. O Servlet do SGA também devolve uma página HTML para o usuário que, automaticamente, faz com que o Navegador ative todas as janelas que compõem a interface do ambiente de videoconferência.

7.4 – Administração do Ambiente

Um usuário que se identifica como administrador do INVENTE tem acesso a recursos da barra de operação e navegação que usuários comuns não possuem. Esses recursos estão agrupados na guia “Administração” (ver Figura 7.9). Dentro da guia pode ser encontrado o botão “AVET”, que aciona as opções de administração do ambiente.

Ao clicar sobre este botão, o administrador terá acesso a um conjunto de opções de configuração e administração do ambiente, descrito a seguir:

Informações sobre a Infra-estrutura de Redes: esta opção permitirá que o administrador do ambiente registre as informações sobre a infra-estrutura necessárias ao funcionamento do GSD. Utilizando uma interface Web, o administrador poderá fornecer dados sobre os *servidores* (equipamentos) disponíveis, *serviços* de tempo real oferecidos, *composição de salas virtuais*, tipo de *tecnologia de rede* utilizada e parâmetros de *qualidade de serviços* negociáveis com a tecnologia disponível, etc.

Configuração do GSD: Permite que de forma remota, o administrador do ambiente, utilizando o navegador, configure o Gerenciador de Serviços Distribuídos, fornecendo informações importantes tais como: número máximo de sessões instanciáveis, quantidade máxima de serviços gerenciáveis e quantidade máxima de membros por sessão, etc.

Configuração e Gerência do SDM: através desta opção, o administrador pode, de forma remota, modificar parâmetros de configuração necessários ao funcionamento do SDM. Pode também consultar informações necessárias ao gerenciamento do servidor, tais como: número de sessões em andamento, número de participantes em cada sessão, número de transmissores e número de receptores.

Configuração e Gerência do SCT: esta opção é equivalente em funcionalidade a anterior, ou seja, permite que as informações de configuração do SCT sejam modificadas de forma remota. Permite também o acesso a informações de gerência à distância.

Quando um novo serviço é desenvolvido, para ser agregado ao AVET, é necessário que se projete uma interface própria para troca de mensagens de configuração e gerência, de forma que as atividades de administração possam ser exercidas de forma remota pelo usuário administrador do ambiente virtual.

7.5 – A Invocação Remota de Métodos

Como se discutiu no Tópico 5.2 do Capítulo V, a comunicação entre os objetos distribuídos do AVET é feita através de chamadas remotas a procedimentos, tecnologia conhecida como RPCs [Tanenbaum95]. A implementação dessas chamadas remotas de procedimentos foi feita através da criação de interfaces de comunicação entre os objetos do ambiente utilizando-se a tecnologia Java RMI (Remote Method Invocation) [www14].

7.5.1 – O RMI Java

O RMI é uma tecnologia Java, desenvolvida pela SUN MICROSYSTEMS, que dá suporte para sistemas distribuídos. Esse suporte pode ser tratado como um ORB (Object Request Broker) nativo Java, isto é, RMI é um ORB (não compatível ao CORBA) no sentido genérico, que suporta invocações de métodos em objetos remotos [Ben-Natan98]. O ORB é responsável pela localização do objeto ao qual se destina a requisição, assim como o envio dos parâmetros da requisição no formato aceito por este objeto. Também é função do ORB, o retorno de parâmetros de saída da requisição para o cliente, se assim houver.

O RMI, por se uma extensão do núcleo do Java, é dependente em muitos aspectos da linguagem, tais como: serialização dos objetos, portabilidade, implementação de objetos carregáveis, definições de interface, entre outros. A limitação do RMI é exatamente o seu

uso em ambientes heterogêneos, a exemplo da interação com objetos desenvolvidos em outras linguagens.

A arquitetura do Java RMI (Figura 7.13) é constituída de três camadas. A primeira camada contendo os códigos stub/skeleton para cliente e servidor respectivamente. A Segunda, a camada de referência remota, que é responsável por conduzir as semânticas da invocação e abstrair os diferentes modos de referenciar os objetos. A terceira camada é a de transporte, que trata da configuração e gerenciamento da conexão de rede, e de manter ligação do *dispatching* com os objetos remotos invocados.

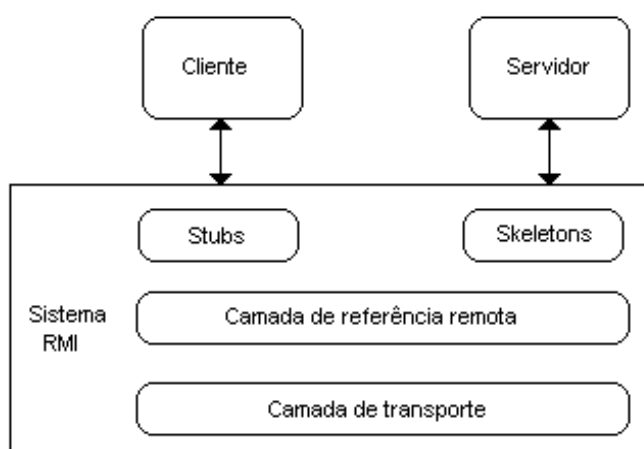


Figura 7.13 – Arquitetura do Java RMI.

Uma vantagem no uso do RMI Java é que ele pode ser utilizado também em aplicações executadas por navegadores (applets Java). Na Figura 7.14, o cliente necessitando do serviço de um servidor remoto, faz um *download* da stub do cliente, em bytecode⁵, do lado do servidor, via HTTP (Hiper Text Transfer Protocol). Este bytecode é executado dentro de uma máquina virtual Java cliente. De posse da stub, o cliente faz uma chamada RMI ao servidor para acessar os serviços desejados, descartando o protocolo HTTP.

⁵ Bytecode código intermediário gerado pelo compilador do Java que é interpretado pela MVJ (Maquina Virtual Java) específica de uma determinada plataforma (Windows, Unix, Linux, etc.).

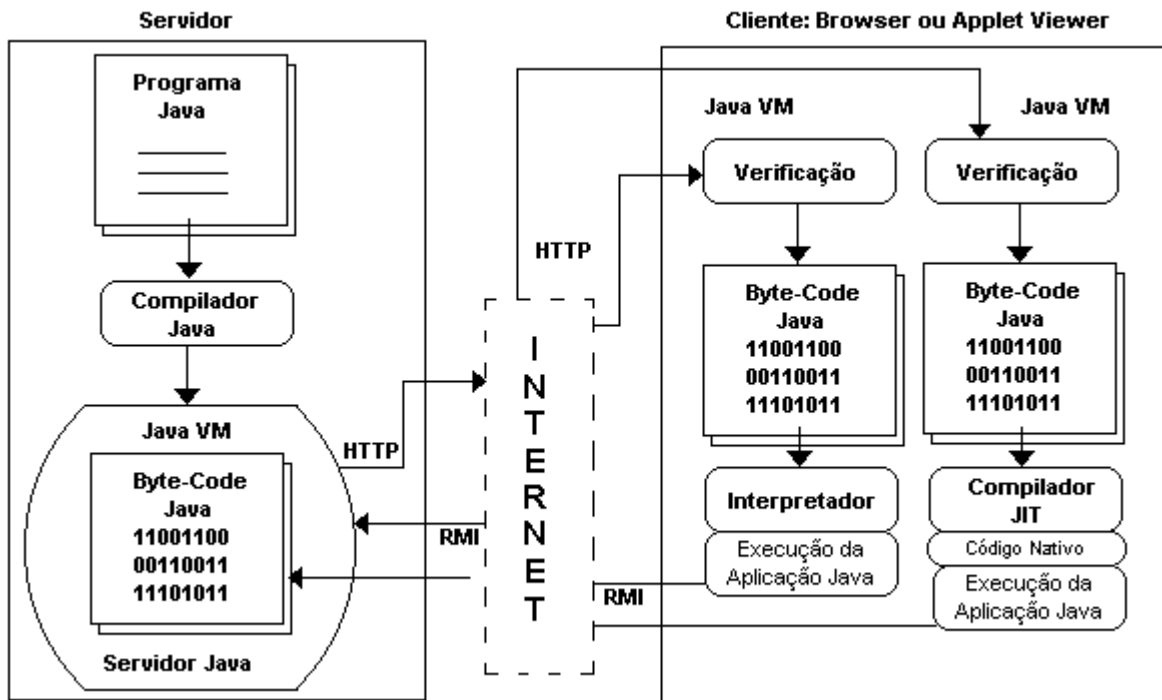


Figura 7.14 – Utilizando o RMI Java no Navegador

No AVET, para cada objeto servidor foi desenvolvida uma interface de comunicação contendo os métodos invocáveis remotamente. Para cada interface foram gerados os stubs/skeletons responsáveis pela invocação remota dos métodos e pela passagem dos parâmetros. Foi também utilizado o recursos de serialização de objetos para que eles fossem transmitidos como parâmetros de forma transparente.

7.5.2 – Troca de Mensagens com o RMI Java

No Tópico 6.5 do Capítulo VI, a comunicação dentro da aplicação foi ilustrada através de dois Diagramas de Colaboração em UML que mostravam a troca de mensagens entre os objetos durante a inicialização de uma sessão de videoconferência e a entrada de um participante. Nesta sessão, são apresentados alguns dos processos de troca de mensagens, utilizando o RMI Java para ilustrar o funcionamento da tecnologia adotada.

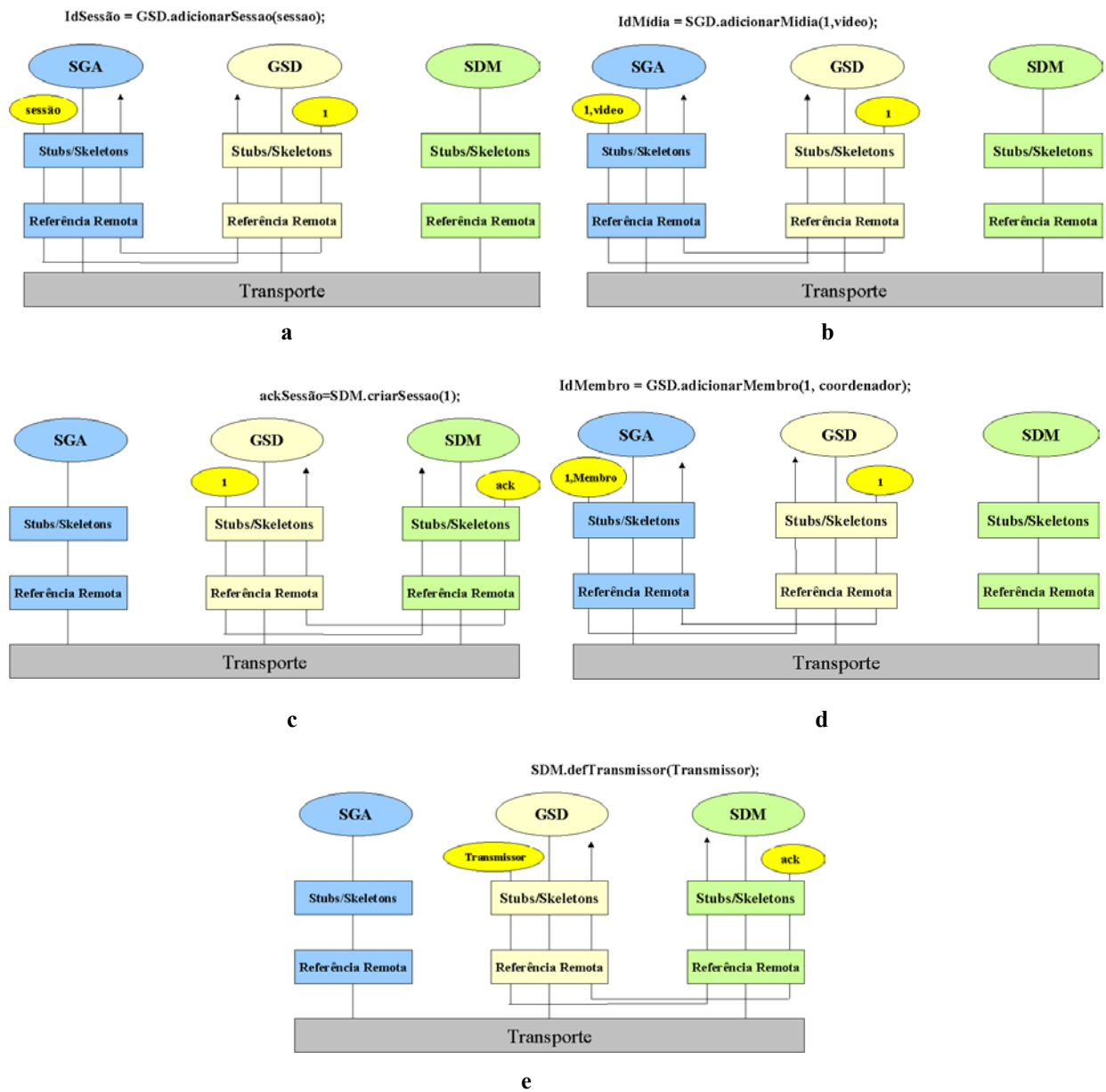


Figura 7.15 – Processo de Comunicação dos Objetos no AVET utilizando Java RMI

Na Figura 7.15.a, é ilustrado o processo de inicialização de uma sessão de videoconferência. Quando deseja iniciar uma sessão, o SGA aciona o método remoto *adicionarSessao* do GSD. Ao receber a requisição, o GSD executa os procedimentos necessários e retorna o *IdSessao*, que é um código que identifica de forma única aquela sessão iniciada dentro do GSD. De posse desse código, o SGA associa a identificação daquela sessão, dentro do ambiente educacional, à identificação fornecida pelo SGD. Esse mapeamento lógico da identificação da sessão dentro do ambiente virtual com a

identificação no SGD dá maior independência ao SGD, permitindo que ele gerencie sessões de videoconferência de vários ambientes ao mesmo tempo, se desejado.

Após registrar a sessão no SGD, o SGA, de acordo com as informações agendadas pelo coordenador, informará ao SGD que serviços (*mídias*) serão utilizados (*distribuídas*) durante aquela determinada sessão. Para isso, como pode ser visto na Figura 7.15.b, o SGA aciona o método *adicionarMidia do SGD*, passando como parâmetro o *IdSessao*, ou seja, a identificação daquela sessão no SGD, e o objeto *video* que agrupa as informações necessárias a distribuição daquela mídia, tais como: o endereço do servidor que provê o serviço, a porta de comunicação, etc. Após adicionar aquela mídia à sessão, o SGD retorna o código de identificação da mídia (*IdMidia*) dentro da sessão, ou um código de erro, caso a mídia não possa ser adicionada.

Ao instanciar uma mídia dentro da sessão, o GSD executa os procedimentos para reservar os recursos necessários à prestação daquele serviço. Um dos procedimentos será o acionamento do método *criarSessao* do SDM (Figura 7.15.c). O método *criarSessao* do SDM instanciará um objeto do tipo *DM*, preparando o ambiente para a distribuição do áudio e vídeo daquela sessão, e retornará uma identificação para aquela sessão dentro do SDM. Caso o SDM não possa instanciar o objeto distribuidor de mídia para a respectiva sessão, ele devolve um código de erro que será tratado pelo GSD. Apesar de não ser o usual, um SDM poderá atender requisições de vários GSDs e distribuir mídias para um conjunto de sessões.

A Figura 7.15.d, ilustra o atendimento a solicitação de um usuário para entrar na sessão como coordenador. Após receber a solicitação do usuário, o SGA, de posse da identificação daquela sessão no GSD, aciona o método remoto *adicionarMembro*, passando para o SGD o código de identificação da sessão e o objeto *coordenador*, que é instância de um tipo que herda da superclasse *membro* (veja Tópico 6.2.1 do Capítulo VI), e que contém as informações necessárias sobre o usuário para que ele seja adicionado àquela sessão. Ao adicionar o usuário, o GSD retorna o *IdMembro*, que é a identificação do usuário no GSD. Caso haja algum problema na agregação do usuário a sessão, é devolvido um código de erro que será tratado pelo SGA.

A assinatura do método *adicionarMembro* indica que o membro deverá ser adicionado a todos os serviços, pois a identificação da mídia foi omitida. Para isso o GSD executará todos os procedimentos necessários. Um dos procedimentos, será o acionamento do método *addTransmissor* do SDM, passando como parâmetro o objeto *transmissor* que contém os dados necessários à inclusão do membro no DM da Sessão como um transmissor de áudio e vídeo.

A ilustração anterior mostrar, de uma forma simples, como os objetos distribuídos atuam de forma independente e como se dá o processo de comunicação dentro do ambiente. Não é objetivo do exemplo discutir o tratamento das possíveis exceções que podem ocorrer durante a execução dos procedimentos.

7.6 – Considerações Finais

Este capítulo apresentou detalhes relativos a tecnologia utilizada na implementação do protótipo da aplicação de videoconferência, os passos necessários para agregá-la ao INVENTE, os procedimentos de operação e administração e a solução de comunicação entre os objetos distribuídos.

No próximo capítulo, será apresentada uma conclusão sobre o trabalho realizado, serão propostos alguns trabalhos futuros e serão feitas algumas considerações finais.

CAPÍTULO VIII – Conclusão

8.1 – Contexto Histórico

Existem diferenças entre a ETD e a EAD? Esta Dissertação de Mestrado dá seqüência a um processo de investigação que tenta identificar estratégias de uso da tecnologia da informação para prover soluções adequadas ao Ensino Tecnológico à Distância (ETD), criando assim, subsídios para que competências da área de Educação respondam a esta pergunta.

Esse processo de investigação iniciou com o trabalho de Moura [Moura99] que, após a identificação de *características* inerentes ao ensino tecnológico, enumerou um conjunto de *pressupostos tecnológicos* (ver Tópico 2.3 do Capítulo II) para a realização da educação tecnológica à distância e concebeu uma arquitetura de uma ferramenta para EAD, denominada INVENTE. Depois, essa investigação teve continuidade com o trabalho de Soares [Soares2001] que, enfocando o problema a partir de uma *visão mais voltada a conceitos*, analisou os pressupostos tecnológicos da ETD e as *dimensões críticas* da EAD, discutidas em [Hazemi98], e ressaltou um conjunto de conceitos que merecem uma atenção especial durante a concepção de ambientes virtuais para a Educação Tecnológica (ver Tópico 2.4 do Capítulo II). Com base nesses conceitos, Soares concebeu uma nova arquitetura para o INVENTE e implementou o *Núcleo de Gestão* da Ferramenta e as suas *aplicações convencionais* (ver Tópico 2.5 do Capítulo II). No trabalho de Soares, o desenvolvimento do INVENTE foi dividido em 5 (cinco) fases. As fases 1 e 2 correspondem respectivamente a implementação do *núcleo de gestão* da ferramenta e das *aplicações convencionais*. A fase 3, corresponde a agregação de aplicações de áudio e vídeo ao ambiente virtual. A fase 4, a implementação do *bloco de Convergência* e a fase 5 a agregação de aplicações de domínio específico.

Esta Dissertação se enquadra na *fase 3* do desenvolvimento do INVENTE e tem como principal objetivo a concepção, modelagem e implementação de *uma aplicação de videoconferência voltada para o ensino tecnológico a distância*, denominada AVET.

O passo inicial no desenvolvimento deste trabalho foi a reflexão sobre os *pressupostos tecnológicos* e as *dimensões críticas da ETD*, levando em consideração o desafio de desenvolver uma aplicação distribuída de videoconferência que se adequasse a ETD. Após essa reflexão, dois outros conceitos foram considerados como dimensões críticas no contexto da educação tecnológica à distância: *o compartilhamento do tempo e do espaço* e *a colaboração em tempo real* (Tópico 4.1.2 do Capítulo IV). Tomando como base os pressupostos tecnológicos e as dimensões críticas da ETD, foram então concebidos 5 (cinco) *requisitos básicos* para a aplicação a ser concebida: *orientação a objetos*, *interface de fácil adaptação cultural*, *distribuição dos recursos*, *resolução de conflitos* e *qualidade de serviço* (Tópico 4.1.3 do Capítulo IV). Para atender a esses requisitos, considerados necessários ao AVET, foi proposta uma nova versão para a arquitetura do INVENTE. Essa nova arquitetura permite a distribuição dos recursos e a transparência na comunicação, para isso utiliza: *o Gerenciador de Serviços Distribuídos*, *o Stub* e *a Camada de Referência Remota* (ver Tópico 5.1.3 do Capítulo V). Sobre esta nova arquitetura, a aplicação de videoconferência foi projetada e um protótipo foi implementado e agregado ao ambiente virtual.

8.2 – Contribuições

A principal contribuição deste trabalho é a proposição de uma nova arquitetura para o INVENTE à luz da concepção de um conjunto de requisitos básicos. Estes requisitos são resultados de uma análise crítica sobre conceitos teóricos existentes (os pressupostos tecnológicos e as dimensões críticas da ETD). Esta nova arquitetura trata o problema da *gerência de contexto* no uso conjunto de aplicações de tempo real, *resolve de forma justa conflitos* no acesso a recursos compartilhados, permite a *agregação de novas aplicações* síncronas ao ambiente, possibilita a *distribuição dos recursos na rede* e *prevê a negociação de QoS* com a infra-estrutura disponível. Sobre esta arquitetura foi implementado um protótipo de uma Aplicação de Videoconferência que utiliza a tecnologia Web para propiciar *uma adaptação fácil* dos usuários ao ambiente.

No que diz respeito a *gerência de contexto* dentro de ambientes virtuais, este trabalho contribui com a solução de dois problemas: *a perda de contexto* e *a sobrecarga cognitiva* (Tópico 2.2.5 do Capítulo II). Em uma “aula em tempo real”, que utiliza um

conjunto de serviços em paralelo, esse problema se agrava devido a necessidade do aluno de manter um contexto único para os diversos recursos em uso. Se durante a aula o professor utiliza a distribuição de áudio e vídeo, a troca de mensagens através do chat e interação através de um laboratório virtual, tanto o aluno quanto o professor precisam acionar cada um desses serviços e exercer um controle de forma individual. Esse conjunto de atividades necessárias ao controle dos recursos disponíveis no ambiente, além de facilitar a perda de contexto, tende a desviar a atenção dos participantes do conteúdo da aula. O *Gerenciador de Serviços Distribuídos (GSD)*, proposto na nova arquitetura do INVENTE, procura minimizar esse problema, gerenciando o uso de um conjunto de serviços dentro de um contexto específico. Dessa forma, quando o professor ou o aluno entra em uma “aula em tempo real” (uma sessão de videoconferência), todos os serviços disponíveis durante aquela aula são automaticamente acionados e contextualizados de uma forma transparente ao usuário.

Além de gerenciar os serviços, o GSD resolve ainda *problemas de conflito* no acesso a recursos compartilhados. Para isso utiliza um algoritmo determinístico que garante aos usuários do ambiente o acesso aos recursos compartilhados em um tempo finito.

Este trabalho também ilustra como o uso da tecnologia de orientação a objetos pode ajudar no tratamento da dimensão crítica da *“Flexibilização do Ambiente”*, ressaltada em [Soares2001]. Como discutido no Tópico 6.2 do Capítulo VI, o uso de uma metodologia de análise e projeto orientados a objetos permitiu a concepção e modelagem de uma aplicação extensível, pois seus componentes de software podem ser facilmente reutilizados para agregar novas funcionalidades a ferramenta, permitindo que novos serviços sejam agregados sem um grande esforço de programação.

Em relação a *distribuição dos recursos*, esta Dissertação contribui com a concepção de uma solução transparente para gerência e administração de serviços em aplicações concebidas para ETD, mediante a elaboração de um novo conceito, o de *“Sala Virtual”* (Tópico 4.3.2 do Capítulo 4). Utilizando este novo conceito, o administrador do ambiente pode distribuir os serviços pelos diversos nós da rede, de acordo com a demanda de processamento e uso de banda de cada um, e depois pode agrupá-los em uma determinada

“Sala Virtual”, que será disponibilizada ao usuário no momento de agendar uma aula. Além de permitir a distribuição dos recursos, o uso desse novo conceito contribui para a adaptação *cultural do usuário* (Tópico 2.4 do Capítulo II) ao ambiente, abstraindo os detalhes de distribuição. Ao agendar uma aula, por exemplo, o professor determina apenas qual a *Sala Virtual* que ele vai utilizar, ignorando os detalhes referentes à infra-estrutura disponibilizada.

Apesar da aplicação não implementar a negociação de QoS, a forma como os componentes da aplicação foram projetados permite a agregação de código para *negociação de QoS* com o bloco de convergência do INVENTE, ou diretamente com uma infra-estrutura específica. Isso permite a abertura de conexões para transmissão de mídias com garantia de parâmetros de QoS, quando a tecnologia de rede utilizada permitir.

Por fim, do ponto de vista da *adaptação cultural* dos usuários ao ambiente virtual, outra contribuição, é a utilização da tecnologia Web na construção da interface para um ambiente de videoconferência. O uso do Navegador na operação do ambiente facilita a adaptação do usuário à aplicação, pois aproveita a cultura já estabelecida pela Internet. Além disso, o usuário não tem que se preocupar com procedimentos de instalação e configuração de software, evitando que pessoas mais leigas em informática fiquem impossibilitadas de utilizar a ferramenta.

8.2 – Trabalhos Futuros

Podem ser apontados trabalhos futuros no contexto tecnológico e no educacional. Do ponto de vista tecnológico, são propostos os seguintes trabalhos futuros:

- ✓ Especificação e implementação do “*Quadro Hipermídia*”, que, durante uma sessão de videoconferência, será responsável pela exibição de documentos hipermídia, apresentação de vídeo sob demanda, aplicação de exercícios e avaliações em tempo real de forma distribuída;
- ✓ Especificação e implementação do “*Laboratório de Realidade Virtual*”, que permitirá ao professor, durante uma sessão, acionar experiências em áreas específicas de conhecimento, que utilizando a tecnologia da realidade virtual, promoverá um aprendizado colaborativo dentro do ambiente;

- ✓ Extensão das classes do SDM (Servidor de Distribuição de Mídias) para inclusão de *códigos de negociação de QoS* com a infra-estrutura de redes disponível, quando possível, permitindo a que a aplicação seja utilizada em situações de ensino que exigem alta qualidade das imagens e vídeo como acontece, por exemplo, na *Telemedicina*;
- ✓ *Criação de novos objetos* para agregar funcionalidades de *tolerância à falhas* dentro do ambiente, bem como tratar *aspectos de segurança*;
- ✓ *Alteração* da classe SDM para inclusão de um “processador” que gere um *fluxo adaptativo*, de acordo com a qualidade da conexão do usuário cliente;
- ✓ Implementação de um protótipo para o ambiente utilizando a *tecnologia CORBA* [Ben-Natan98];
- ✓ Implementação de um serviço específico para distribuição, sob demanda, das mídias (aulas) geradas pela aplicação;
- ✓ Implementação do *Bloco de Convergência* previsto em [Marques2001] para a *4ª. fase* de desenvolvimento do INVENTE;
- ✓ Agregação de *Aplicações de Domínio Específico* ao Ambiente, previstas para a *5ª. fase* de desenvolvimento do INVENTE.

Do ponto de vista educacional, é sugerida a *avaliação do protótipo implementado, através de sua utilização em vivências práticas no ensino tecnológico à distância*, de forma que se conclua até que ponto a estratégia adotada na concepção e modelagem da aplicação e na escolha das tecnologias empregadas, contribui com as dimensões críticas identificadas durante esse processo de investigação.

8.3 – Considerações Finais

Apesar deste trabalho marcar uma terceira fase de um processo de investigação, ainda fica em aberto uma questão: existem diferenças entre as ferramentas concebidas para ETD e EAD? As reflexões apontam que a resposta a essa pergunta estaria mais no mundo de competências pedagógicas. Se o INVENTE não responde a essa pergunta, por outro

lado, se apresenta como uma excelente ferramenta onde, especialistas na Área de Educação, podem atuar para chegar a uma conclusão mais precisa.

O trabalho apresentado, do ponto de vista tecnológico, lida com um considerável grau de complexidade visto que, para prover soluções adequadas a EAD, é necessário que se utilize conhecimentos profundos sobre engenharia de software, redes de computadores e aplicações multimídia. Por esse motivo, alguns pontos importantes tais como: a especificação do *quadro hipermídia* e do *laboratório virtual* que exigem um processo específico de investigação, foi deixada como trabalhos futuros. Além disso, algumas decisões na escolha da tecnologia de implementação do AVET foram tomadas visando facilitar a integração da aplicação ao protótipo do INVENTE. Como exemplos podem ser citados: o uso do RMI Java para prover a comunicação dentro do ambiente, deixando como trabalho futuro a implementação de um protótipo que utilize a tecnologia CORBA [Ben-Natan98], e a escolha de um banco de dados relacional para o ambiente no lugar de um banco de dados orientado a objetos.

Finalmente, é ressaltado que durante o desenvolvimento dessa dissertação de mestrado, três artigos foram submetidos, aprovados e apresentados:

- ✓ “*Integração e Gestão de Aplicações Multimídia para Educação a Distância com Garantia de Qualidade de Serviço em Redes de Alta Velocidade*”; Soares, José Marque; Rodrigues, Marcus A. A.; Oliveira, Antonio Mauro B.; Diniz, Ana Luiza Bessa B.; **Serra, Antonio de Barros** - III WRNP2 Workshop RNP2 – SBRC, maio/2001, Florianópolis-SC;
- ✓ “*Análise das Dimensões Críticas da Educação a Distância como base para Especificação de um Sistema de Gestão*”; Soares, José Marque Soares; **Serra, Antonio de Barros**; Oliveira, Antonio Mauro B.; Barroso, Giovanni C. – SEMISH/SBC, agosto/2001, Fortaleza-CE;
- ✓ “*Uma Arquitetura para um Ambiente concebido com base nas Dimensões Críticas da Educação Tecnológica à Distância*”; Soares, José Marque Soares; **Serra, Antonio de Barros**; Oliveira, Antonio Mauro B.; Barroso, Giovanni C. – SBIE, novembro/2001, Vitória-ES.

Apêndice A

Histórico da Educação a Distância

A.1 – Um Histórico no Mundo

No contexto dessas evoluções tecnológicas podemos relacionar um conjunto de fatos que marcaram a evolução da educação à distância no mundo:

- **1728** - a *Gazeta de Boston*, em sua edição de 20 de março, oferece em um anúncio: “Material para Ensino e Totoria por Correspondência”.
- **1840** – o inglês *Isaac Pitman* cria um sistema de taquigrafia a base de fichas e intercâmbio postal com os alunos.
- **1843** - Funda-se a *Phonographic Correspondence Society*, que se encarrega de corrigir as fichas com os exercícios de taquigrafia do sistema inventado por Isaac Pitman.
- **1856** - Em Berlim, a *Sociedade de Línguas Modernas* patrocina os professores Charles Toussain e Gustav Laugenschied para ensinar francês por correspondência.
- **1858** - A *Universidade de Londres* passa a conceder certificados a alunos externos que recebem ensino por correspondência.
- **1873** - Surge, em Boston, EUA, a Sociedade para a Promoção do Estudo em Casa.
- **1883** - Começa a funcionar, em Ithaca, no Estado de Nova Iorque, EUA, a Universidade por Correspondência.
- **1891** - Por iniciativa do reitor da *Universidade de Chicago*, W. Raineu Harper, é criado um Departamento de Ensino por Correspondência. Na Universidade de Wisconsin, os professores do Colégio de Agricultura mantém correspondência com alunos que não podem abandonar seu trabalho para voltar as aulas no campus.
- **1892** – a Penn State University, iniciou seu primeiro curso por correspondência.
- **1894** - O *Rutinsches Fernelehrinstitut de Berlim* organiza cursos por correspondência para obtenção do “Abitur” (aceitação de matrícula na Universidade).
- **1903** - Julio Cervera Baviera abre, em Valência, Espanha, a Escola Livre de Engenheiros e as Escolas Calvert de Baltimore. O Estados Unidos criam um

Departamento de Formação em Casa, para acolher crianças de escolas primárias que estudam sob a orientação dos pais.

- **1910** - Professores rurais do curso primário começam a receber material de educação secundária pelo correio, em Vitória, Austrália.
- **1911** - Ainda na Austrália, com a intenção de minorar os problemas das enormes distâncias, a *Universidade de Queensland* inicia uma experiência com educação à distância para solucionar as dificuldades.
- **1914** - Na Noruega, funda-se a *Norst Correspndanseskole* e, na Alemanha, a *Fernschule Jena*.
- **1922** - A *New Zeland Correspondence School* começa suas atividades com a intenção inicial de atender a crianças isoladas ou com dificuldade de freqüentar as aulas convencionais. A partir de 1928, atende também a alunos do ensino secundário.
- **1932** – a invenção do transmissor de rádio permite que a *State University of Iowa, E.U.A.*, transmita os primeiros cursos a distância através desse meio de comunicação.
- **1939** - Nasce o *Centro Nacional de Ensino a Distância na França (CNED)*, que, em princípio, atende, por correspondência, a crianças refugiadas de guerra. É um centro publico, subordinado ao Ministério da Educação Nacional.
- **1940** - Na década de Quarenta, diversos países do centro e do leste europeu iniciam esta modalidade de estudos. Já por estes anos os avanços técnicos possibilitam outras perspectivas que as de ensino meramente. por correspondência. A *State University of Iowa, E.U.A.*, experimenta pela primeira vez no mundo o uso da televisão no ensino a distância.
- **1947** - Através da Radio Sorbonne, transmitem-se aulas de quase todas as matérias literárias da *Faculdade de Letras e Ciências Humanas de Paris*.
- **1951** - A Universidade de *Sudafrica*, atualmente única Universidade a Distância na África, dedica-se exclusivamente a desenvolver cursos a distância.
- **1960** - Funda-se o *Beijing Television College*, na China, que encerra suas atividades durante a Revolução Cultural, o que acontece também ao restante da educação pós-secundária.

- **1962** - Inicia-se, na Espanha, uma experiência de Bacharelado Radiofônico e a *Universidad de Dehli* cria um Departamento de Estudos por Correspondência, como experiência para atender aos alunos que, de outro modo, não podem receber ensino universitário.
- **1963** - Surge na Espanha o *Centro Nacional de Ensino Médio por Rádio e Televisão*, que substitui o Bacharelado Radiofônico, criado no ano anterior. No mesmo ano inicia-se, na França, um ensino universitário, por radio, em cinco faculdades de Letras (*Paris, Bordeaux, Lille, Nancy e Strasbourg*) e na Faculdade de Direito de Paris, para os alunos do curso básico. Também neste ano duas instituições neozelandesas se unem (*Victoria University of Wellington e Massey Agricultural College*) e formam a *Massey University Centre for University Extramural Studies* da Nova Zelândia.
- **1968** - O Centro Nacional de Ensino Médio por Radio e Televisão da Espanha se transforma no *Instituto Nacional de Ensino Médio a Distância (INEMAD)*.
- **1969** - Cria-se a *British Open University*, instituição verdadeiramente pioneira e única do que hoje se entende como educação superior a distância. Inicia seus cursos em 1971. A partir desta data, a expansão da modalidade tem sido inusitada.
- **1972** - Cria-se em Madri, Espanha, a *Universidad Nacional de Educacion a Distancia (UNED)*, primeira instituição de ensino superior a suceder a Open University em nível mundial.
- **1974** - Criada a *Universidad Aberta de Israel*, que oferece, em hebreu, cerca de 400 cursos em domínios variados.
- **1975** - Criada a *Fernuniversitatt*, na Alemanha, dedicada exclusivamente ao ensino universitário.
- **1979** - É Criado o *Instituto Português de Ensino a Distância*, em Portugal, cujo objetivo era lecionar cursos superiores para população distante das instituições de ensino presencial e qualificar o professorado.
- **1988** - O Instituto Português de Ensino a Distância da origem a Universidade Aberta de Portugal.

A.2 – Um Histórico no Brasil

No Brasil, as primeiras experiências de educação a distância datam da década de 30. Podemos também relacionar um conjunto de fatos que contribuíram para o desenvolvimento da Educação a Distância no Brasil:

- **1937** - Criação do Serviço de Radiodifusão Educativa do Ministério da Educação.
- **1959** - Início das escolas radiofônicas em Natal (RN).
- **1960** - Início da ação sistematizada do Governo Federal em Educação à Distância através de contrato entre o Ministério da Educação - MEC e a Confederação Nacional dos Bispos do Brasil - CNBB. Expansão do sistema de escolas radiofônicas aos estados nordestinos, que faz surgir o Movimento de Educação de Base - MEB, um sistema de ensino a distância não formal.
- **1966 a 1974**- Instalação de oito emissoras de televisão educativa: TV Universitária de Pernambuco, TV Educativa do Rio de Janeiro, TV Cultura de São Paulo, TV Educativa do Amazonas, TV Educativa do Maranhão, TV Universitária do Rio Grande do Norte, TV Educativa do Espírito Santo e TV Educativa do Rio Grande do Sul.
- **1967**- Criada a Fundação Padre Anchieta, mantida pelo Estado de São Paulo com o objetivo de promover atividades educativas e culturais através do rádio e da televisão (iniciou suas transmissões em 1969); constituída a FEPLAM (Fundação Educacional Padre Landell de Moura), instituição privada sem fins lucrativos, que promove a educação de adultos através de tele-educação por multimeios.
- **1969** – A TVE Maranhão em conjunto com o Centro Educativo do Maranhão - CEMA promovem programas educativos para a 5ª série, inicialmente em circuito fechado e a partir de 1970 em circuito aberto, também para a 6ª série.
- **1970** – As emissoras comerciais de rádio e televisão ficam obrigadas a transmitir programas educativos gratuitamente durante cinco horas semanais, de 30 minutos diários, de segunda a sexta-feira, ou com 75 minutos aos sábados e domingos. É iniciada em cadeia nacional a série de cursos do Projeto Minerva,

irradiando os cursos de Capacitação Ginásial e Madureza Ginásial, produzidos pela FEPLAN e pela Fundação Padre Anchieta.

- **1971** - Nasce a ABT - inicialmente como Associação Brasileira de Tele-Educação, que já organizava desde 1969 os Seminários Brasileiros de Tele-Educação, atualmente denominados Seminários Brasileiros de Tecnologia Educacional. Foi pioneira em cursos a distância, capacitando os professores através de correspondência.
- **1972**- Criação do Programa Nacional de Tele-Educação – PRONTEL que fortaleceu o Sistema Nacional de Radiodifusão Educativa - SINRED.
- **1973**- Projeto Minerva passa a produzir o Curso Supletivo de 1º Grau, II fase, envolvendo o MEC, PRONTEL, CENAFOR e secretarias de Educação.
- **1973–1974** – Funciona o Projeto SACI permitindo a conclusão dos estudos para o Curso Supletivo "João da Silva", sob o formato de telenovela, para o ensino das quatro primeiras séries do 1º grau. O curso introduziu uma inovação pioneira no mundo, um projeto - piloto de tele-didática da TVE, que conquistou o prêmio especial do Júri Internacional do Prêmio Japão.
- **1974** - TVE Ceará começa a gerar tele-aulas; o CETEB - Centro de Ensino Técnico de Brasília - inicia o planejamento de cursos em convênio com a Petrobrás para capacitação dos empregados desta empresa e do projeto Logus II, em convênio com o MEC, para habilitar professores leigos sem afastá-los do exercício docente.
- **1978** - Lançado o Telecurso de 2 Grau, pela Fundação Padre Anchieta (TV Cultura/SP) e Fundação Roberto Marinho, com programas televisivos apoiados por fascículos impressos, para preparar o tele-aluno para os exames supletivos.
- **1979**- Criação da FCBTVE - Fundação Centro Brasileiro de Televisão Educativa/MEC; dando continuidade ao Curso "João da Silva", surge o Projeto Conquista, também como telenovela, para as últimas séries do primeiro grau; começa a utilização dos programas de alfabetização por TV - (MOBRAL), em recepção organizada, controlada ou livre, abrangendo todas as capitais dos estados do Brasil.

- **1979 a 1983** - É implantado, em caráter experimental, o POSGRAD - Pós-Graduação Tutorial à Distância - pela CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior - do MEC, administrado pela ABT – Associação Brasileira de Tecnologia Educacional - com o objetivo de capacitar docentes universitários do interior do país.
- **1983 / 1984**- Criação da TV Educativa do Mato Grosso do Sul e início do "Projeto Ipê", da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo e da Fundação Padre Anchieta, com cursos para atualização e aperfeiçoamento do magistério de 1º e 2º Graus, utilizando-se de multimeios.
- **1988**- "Verso e Reverso - Educando o Educador": curso por correspondência para capacitação de professores de Educação Básica de Jovens e Adultos/ MEC Fundação Nacional para Educação de Jovens e Adultos (EDUCAR), com apoio de programas televisivos através da Rede Manchete.
- **1992**- O Núcleo de Educação a Distância do Instituto de Educação da UFMT (Universidade Federal do Mato Grosso), em parceria com a Unemat (Universidade do Estado do Mato Grosso) e a Secretaria de Estado de Educação e com apoio da Tele-Universite du Quebec (Canada), criam o projeto de Licenciatura Plena em Educação Básica: 1º a 4º series do 1º grau, utilizando o EAD. O curso é iniciado em 1995.

Apêndice B

RTP – Real-Time Transport Protocol

B.1 – Introdução

Para uma videoconferência pela Internet ou Intranet, é necessário estar pronto para receber e transmitir streams em tempo-real. Este anexo introduz o conceito de fluxos de mídia e descreve o Protocolo de Transporte em Tempo Real usado pelo JMF (Java Mídia Framework), descrito no apêndice C deste trabalho, para receber e transmitir fluxos de mídia através da Internet.

Quando o conteúdo de uma mídia esta sendo enviado a um cliente em tempo real, o cliente pode começar a acessar a stream sem ter que esperar pela cópia completa da stream. Na verdade, o fluxo não deve ter uma duração predefinida.- baixar toda o stream antes de acessá-lo poderia ser inviável. O termo stream é freqüentemente usado para referenciar ambas as técnicas de entrega de conteúdo pela rede em tempo real e o conteúdo de mídia em tempo real que é entregue.

Transmitir dados de mídia através da internet em tempo real requer um alto processamento da rede. E é por isso que, em algumas ocasiões, é necessário ter uma perda na entrega dos dados para garantir uma transmissão on line. Mas isso se torna inviável se o que se deseja é acessar um dado estático como um arquivo, onde o que mais importa é que todo o conteúdo chegue ao seu destino independentemente do tempo que se precise. Consequentemente, os protocolos usados para dados estáticos não funcionam bem para fluxo de mídia.

B.2 - Protocolos para Fluxo de Mídia

Alguns protocolos como o HTTP e o FTP são baseados no *Transmission Control Protocol – TCP* (Protocolo de Controle de Transmissão). TCP é um protocolo da camada de transporte desenvolvido para comunicação confiável de dados em baixa largura de banda em redes com alta taxa de erros. Quando um pacote é perdido ou corrompido, ele é retransmitido. Por esta razão, protocolos subjacentes diferentes do TCP são tipicamente usados para fluxo de mídia. Um que é comumente utilizado é o UDP (*User Datagram Protocol*). O UDP não é um protocolo confiável; ele não garante que cada pacote irá alcançar o seu destino. Não existe também garantia de que o pacote vai chegar na ordem em que foi enviado. O receptor tem que estar apto a corrigir: a perda de pacotes, duplicação de pacotes, e pacotes que chegam fora de ordem.

Como o TCP, o UDP é um protocolo da camada de transporte – um protocolo de rede em mais baixo nível. O padrão Internet para o transporte de dados em tempo real como áudio e vídeo é o RTP (*Real-Time Transport Protocol*).

B.3 – RTP (Real-Time Transport Protocol)

RTP provê uma entrega de serviços em rede fim-a-fim para a transmissão de dados em tempo real. RTP é independente de rede e de protocolo de transporte, embora seja freqüentemente usado com o UDP.

Real-Time Media Frameworks and Applications	
Real-Time Control Protocol (RTCP) Real-Time Transport Protocol (RTP)	
Other Network and Transport Protocols (TCP, ATM, ST-II, etc.)	UDP
	IP

Figura – Arquitetura do RTP

RTP pode ser usado em ambos os serviços de rede, tanto *unicast* como *multicast*. Em um serviço de rede *unicast*, cópias separadas de dados são enviadas da origem para cada destino. E um serviço de rede *multicast*, o dado é enviado da origem apenas uma vez e a rede é responsável pela transmissão dos dados para os múltiplos destinos. *Multicast* é mais eficiente para muitas aplicações multimídia, como videoconferências. O protocolo padrão da Internet (IP) suporta perfeitamente o *multicast*.

B.4 – Serviços RTP

O RTP permite que você identifique o tipo do dado que está sendo transmitido, determinando em qual ordem os pacotes de dados devem ser apresentados, e sincronizar o fluxo de mídia das diferentes origens.

Os Pacotes de dados RTP não chegam, necessariamente, na mesma ordem em que são enviados, na verdade, nem é garantido o chegada de todos o pacote. Fica a cargo do receptor reconstruir a seqüência de dados enviada e detectar pacotes perdidos usando as informações vindas no cabeçalho do pacote.

Enquanto o RTP não provê qualquer mecanismo para assegurar a entrega ou qualquer garantia de qualidade de serviço, ele é auxiliado pelo protocolo de controle (Real Time Control Protocol - RTCP) que o habilita a monitorar a qualidade de distribuição dos

dados. RTCP também provê controle e mecanismos de identificação para transmissões RTP.

Se qualidade de serviço é essencial para a aplicação em particular, RTP pode ser usado acima de um protocolo de reserva de recurso que provê serviços orientados a conexão.

B.5 – Arquitetura do RTP

Uma sessão RTP é uma associação sobre um conjunto de aplicações que se comunicam pelo RTP. Uma sessão é identificada por um endereço de rede e um par de portas. Uma porta é usada para os dados de mídia e a outra é usada para os dados de controle (RTCP).

Um *participante* é uma máquina simples, host, ou usuário participante da sessão. Participação em uma sessão pode consistir de recepção passiva de dados (*receiver*), transmissão ativa de dados (*sender*), ou ambos.

Cada tipo de mídia é transmitido em uma sessão diferente. Por exemplo, se ambos áudio e vídeo são usados em uma conferência, uma sessão é usada para transmitir os dados de áudio e uma sessão separada é usada para transmitir os dados de vídeo. Isto permite que participantes escolham qual o tipo de mídia que eles desejam receber, por exemplo, um usuário que tem uma conexão de rede com uma baixa largura de banda deseja receber apenas o áudio de uma conferência.

B.6 – API Java RTP

O JMF permite a transmissão de fluxos RTP pelas API's definidas nos pacotes `javax.media.rtp`, `javax.media.rtp.event`, e `java.media.rtp.rtcp`. O JMF poder ser estendido para suportar formatos adicionais específicos de RTP.

Um exemplo que poderia utilizar a API RTP é a implementação de uma aplicação que responde chamadas e mensagens gravadas como uma secretária eletrônica.

Similarmente, é possível usar a API RTP para transmitir mídia capturada ou armazenada através da rede. De partida RTP streams podem ser originadas de um arquivo ou de um dispositivo de captura.

Apêndice C

JMF – Java Media Framework

C.1 – Introdução

JMF (Java Media Framework) provê uma arquitetura unificada e um protocolo de mensagem para gerenciar a aquisição, processamento, e entrega de dados de mídia baseadas em tempo. Essa tecnologia foi projetada para suportar a maioria dos tipos de mídia, como AU, MPEG, WAV, MIDI, AVI, AIFF, RMF e GSM.

Aproveitando as vantagens da plataforma Java, JMF também segue a regra de “Escreva uma vez, leia em qualquer lugar” para desenvolvedores que desejam usar mídia como áudio e vídeo em suas aplicações Java. JMF provê uma API Java multi-plataforma comum para acessar arquiteturas de mídia subjacentes. Implementações JMF podem alavancar as capacidades dos sistemas operacionais, enquanto os desenvolvedores podem facilmente criar programas Java portáteis baseados em tempo utilizando a API JMF.

C.2 – Arquitetura de Alto Nível

Dispositivos como tocadores de fita e vídeo cassetes fornecem um modelo familiar para gravação, processamento e apresentação de mídia baseadas em tempo. Quando você assiste a um filme usando o vídeo cassete, é fornecido ao vídeo um fluxo de mídia através da fita de vídeo. O Vídeo lê e interpreta os dados na fita e envia sinais apropriados para sua televisão e seus alto-falantes.

O JMF utiliza um procedimento semelhante. Uma origem de dados trata a o fluxo de mídia muito parecido como uma fita de vídeo e um tocador e prove processamento e mecanismos de controle similares ao vídeo cassete. Executar e capturar áudio e vídeo com JMF requer os dispositivos de entrada e saída apropriados como microfones, câmeras, autofalantes e monitores.

Origens de dados e players são partes integrais da API de alto nível JMF para gerenciar a captura, apresentação e processamento de mídia baseada em tempo. JMF também fornece uma API de baixo nível que suporta integração de componentes de processamento personalizado e extensões. Esta divisão em camadas provê a desenvolvedores Java uma API fácil de usar para incorporar mídia baseada em tempo dentro de programas Java enquanto gerencia a flexibilidade e a extensibilidade requerida para suportar aplicações avançadas de futuras tecnologias de mídia.

C.3 – Gerenciadores

A API JMF é um conjunto de interfaces que definem o comportamento e a interação de objetos usados para manipular mídia baseada em tempo. Utilizando objetos chamados *managers*, JMF torna fácil a integração de novas implementações de interfaces chave que podem ser usadas sem ligação com classes existentes.

Existem quatro *managers* utilizados no JMF:

- Manager
- PackageManager
- CaptureDeviceManager
- PlugInManager

Para escrever programas baseados em JMF, é preciso utilizar o método CREATE do gerenciador para construir Players, Processadores, DataSources e DataSinks para sua aplicação. Se você está capturando dados de mídia de um dispositivo de entrada, você irá usar o CaptureDeviceManager para descobrir quais dispositivos estão disponíveis e acessar as informações sobre eles. Se você está interessado em controlar qual processamento é permitido nos dados, você poderia consultar o PlugInManager para determinar quais plug-ins devem ser registrados.

Se você estender a funcionalidade do JMF implementando um novo plug-in, você pode registrá-lo com o PlugInManager para torná-lo disponível para processadores que suportam a API plug-in. Para usar um Player, Processador, DataSource ou DataSink personalizados com JMF, é preciso registrar o pacote com o PackageManager.

C.4 – Modelo de Evento

JMF possui uma relação de eventos estruturados para manter programas baseados em JMF informados do estado corrente do sistema de mídia e permitir a esses programas responderem as certas condições de erro, como saída de dados e indisponibilidade de recursos. Sempre que um objeto JMF precisa informar a condições atuais, ele lança um *MediaEvent*. *MediaEvent* é subdividido em classes para identificar

muitos tipos particulares de eventos. Estes objetos seguem os padrões Java Beans estabelecidos para eventos.

C.5 – Modelo de Dados

Players JMF geralmente usam *DataSources* para gerenciar a transferência de conteúdos de mídia. Um *DataSource* encapsula tanto a localização da mídia e protocolo e o software usado para entregar a mídia. Uma vez obtido, a origem não pode ser reutilizada para enviar outra mídia.

Um *DataSource* é identificado também por um JMF *MediadorLocator* ou uma URL (Universal Resource Locator). Um *MediadorLocator* é similar a uma URL e pode ser construído a parte de uma, mas também pode ser construído mesmo que o manipulador do protocolo correspondente não esteja instalado no sistema.

Esse modelo de dados gerencia um conjunto de objetos *SourceStream*. Uma origem de dados padrão usa uma array de bytes como uma unidade de transferência. Um *buffer data source* usa um objeto *Buffer* como sua unidade de transferência.

C.6 – Controles

O JMF *Control* fornece um mecanismo para configurar e buscar atributos de um objeto. Um *Control* frequentemente provê acesso a componentes correspondentes de interface com o usuário que permitem o usuário tem um controle sobre os atributos dos objetos. Muitos objetos JMF possuem controles, incluindo objetos *Controller*, objetos *DataoSource*, objetos *DataSkink* e plug-ins JMF.

Qualquer objeto JMF que necessite fornecer acesso para seus objetos de controle correspondentes pode implementar a interface *Controls*. Essa interface define métodos para recuperar objetos de controles associados. *DataSource* e *PlugIn* usam a interface *Controls* para permitir acesso a seus objetos de controle.