

*Concepção e Especificação de um Sistema IBW
para Educação Tecnológica à Distância*

por

César Olavo de Moura Filho

Fortaleza

Junho de 1999

**Concepção e Especificação de um Sistema IBW para Educação
Tecnológica à Distância**

CÉSAR OLAVO DE MOURA FILHO

Trabalho de dissertação submetido à Coordenação de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre

FORTALEZA-1999

Agradecimentos

Aos meus pais, pela dedicação e paciência a mim dispensadas por todos esses anos- e aí reconheço a facilidade que tenho de testar os limites da paciência humana...

A Bianca, porque, por trás de todo trabalho, tem de haver inspiração.

Ao amigo e orientador, Mauro Oliveira, por abdicar de incontáveis horas de sono a fim de fornecer sua insubstituível orientação, sem a qual essa dissertação não seria possível.

Aos membros do LAR, pela inestimável ajuda, tão necessária em um trabalho que envolve conhecimentos de diversas áreas e múltiplas competências.

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Elétrica, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita em conformidade com as normas da ética científica.

César Olavo de Moura Filho

Dissertação aprovada em:

Raimundo José de Araújo Macedo

Mauro Cavalcante Pequeno

Resumo

- Educação à Distância vem sendo um tema bastante discutido nos meios acadêmicos. Duas razões têm contribuído particularmente para o desenvolvimento desta área: a proliferação de recursos de informática e o grande avanço na tecnologia de transmissão de dados. Este trabalho propõe uma reflexão sobre os problemas enfrentados por instituições de educação profissional que decidem implementar projetos de educação à distância baseados em redes de computadores. Como resultado dessa reflexão, foram levantadas características típicas da educação profissional que a diferem da educação geral e sugeridos pressupostos a serem satisfeitos por sistemas de educação à distância voltados para as escolas profissionalizantes. Esses pressupostos serviram de base para a especificação e implementação do protótipo do INVENTE, um sistema de Instrução baseada na Web (IBW) voltado para o Ensino Tecnológico.

Abstract

Distance Education is nowadays a major issue in the academic fields. Two factors have boosted the worldwide deployment of distance education projects: the advance of data transmission technology and the ease with which computer equipments can be achieved. This research project focuses Distance Education based on WWW technology (WBE) and is aimed at the applied study, as offered by institutions for technological education. It suggests some requirements any WBE system should meet in order to fit peculiarities of technological education and proposes an architecture based on these requirements, which is further validated through a prototype using the Java Servlet technology. Enabling technologies for desktop videoconferencing, Java programming and QoS Control are also discussed.

Conteúdo

1. INTRODUÇÃO:	1
2. EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA:	8
2.1 Conceitos básicos	8
2.3 Sistemas de Educação à Distância	9
2.4 Os novos papéis do professor e do aluno	12
2.5 Educação à Distância baseada na Web	13
2.6 Tendências para o Ensino na Era da Informação	15
3. SISTEMAS DE EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA	18
3.1 Motivação para IBW	18
3.2 Sistemas de IBW mais usados	20
3.3 Sistemas baseados em videoconferência de sala	31
3.3.1 Benefícios	31
3.3.2 Habilidade de comunicação	32
3.4 Infovias de Educação (SECITECE)	34

Metodologia	36
Infra-Estrutura Física	36
Infra-Estrutura Tecnológica	36
4. TECNOLOGIAS DE VIDEOCONFERÊNCIA	39
4.1 Audio:	41
4.1.1 Audio no Sistema Digital:	42
O problema da largura de banda	43
O problema da temporização	44
4.1.2 Algoritmos de Compressão de Áudio Padrões de Mercado	47
GSM:	47
ADPCM:	48
LPC:	48
CELP:	48
4.1.3 Padrões ISO para áudio digital	50
Recomendação G.711	50
Recomendação G.722	51
Recomendação G.728	51
4.2 Vídeo	52
4.2.1 Largura de Banda na Transmissão de Vídeo:	52

4.2.2 Compressão com perda e sem perda:	55
4.2.4 Tecnologias de Compressão de Video	59
Codificação de Comprimento de Seqüência (Run Length Encoding)	60
Quantização de Vetores (Vector Quantization)	60
Transformada Discreta do Cosseno (Discrete Cosine Transform)	62
Diferenciação de Quadros (Frame Differencing)	63
Compensação de Movimento (Motion Compensation)	64
Wavelet	65
4.2.5 Codecs Comerciais	66
4.2.5.1 Padrões para largura de banda maior que 64 kbps (narrow-band bit rate)	67
MJPEG	67
H.261	68
Cinepak	69
4.2.5.2 Padrões para Largura de banda menor que 64kbps (low bit rate)	70
VDOWave	71
Indeo Video Interactive 5.0	71
H.263	71
Compressão CUSeeMe:	72
4.2.6 Um alerta sobre os codecs de vídeo	73

	x
O truque das relações de compressão	73
O truque das taxas de quadro	74
4.2.7 Padrões e Interoperabilidade para videoconferência	74
Recomendação H.320 do ITU-T	75
Recomendação H.324 do ITU-T	76
Recomendação H.323 do ITU-T	77
Especificação para Conferência Pessoal (PCS)	78
5. VIDEOCONFERÊNCIA EM EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA	79
5.1 Videoconferência em Sistemas de IBW	79
5.1.1 Benefícios da mudança para o modelo de videoconferência pessoal	81
5.1.2 Desvantagens da videoconferência pessoal	82
5.1.3 A Internet como ambiente de videoconferência:	82
5.1.4 Multicast e unicast	84
5.1.5 Mbone	85
O tunelamento como estratégia de transição para o roteamento IP	86
O problema da confiabilidade do multicast	87
5.1.6 Protocolos de Tempo Real	88
RTP (Real Time Transport Protocol - RFC 1889)	88
RTCP (Real-time Control Protocol - RFC 1889 e RFC 1890)	89

	xi
RSVP (Resource Reservation Protocol - RFC 2205)	90
RTSP (Real Time Streaming Protocol - draft-ietf-mmusic-rtsp-07)	91
5.2 Ferramentas de Videoconferência da Internet	92
CUSeeMe:	92
NV:	95
VIC:	95
WB:	95
Speak Freely:	96
IVS:	96
5.3 A videoconferência como suporte à Educação à Distância	96
Sincronismo entre as mídias áudio e vídeo:	97
Qualidade de vídeo aceitável:	97
Tratamento de documentos:	97
Envio de mensagens texto:	98
Controle de acesso:	98
Capacidade do programa lidar com pacotes multicast:	98
6 O PROJETO INVENTE	99
6.1 Educação Profissional	99

	xii
6.1.2 Características da Educação Profissional à Distância	100
6.1.3 Pressupostos para a Educação Profissional à Distância	104
6.2 Uma proposta para a Educação Profissional à Distância	110
6.3 Especificação do INVENTE	113
6.3.1 A Modelagem	115
6.4 Prototipação do INVENTE	120
6.4.1 Uma arquitetura cliente/servidor usando Java	120
6.4.1.1 O Java no lado Cliente	121
6.4.1.2 O Java no lado Servidor	122
6.4.1.3 Usando API JDBC com Servlets	125
6.4.2 Ambiente de Prototipação	126
6.4.3 Camada de QoS:	132
7. CONCLUSÃO	134
APÊNDICE 1:	138
APÊNDICE 2:	140
Relativizando a importância da tecnologia	140
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1: Serviços oferecidos pelas ferramentas IBW</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 2: codecs de áudio: utilização da CPU e largura de banda</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 3: Máxima taxa de transferência dos diferentes barramentos do PC</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 4: codecs de vídeo existentes no mercado</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 5: recomendação H.320</i>	<i>76</i>
<i>Tabela 6: recomendação H.324</i>	<i>77</i>
<i>Tabela 7: recomendação H.323</i>	<i>78</i>
<i>Tabela 8: Mapeamento entre características do ensino presencial e pressupostos no ensino à distância</i>	<i>95</i>

Lista de Abreviações e Terminologia

ADPCM Adaptive Differential Pulse Code Modulation

ATM Asynchronous Transfer Mode

BISDN Broadband ISDN

BNC Bayonet, Non-Continuous

bps bits per second

CellB método de compressão da Sun video

CELP Code Excited Linear Predictive Coding

CIF Common Intermediate Format

CSMA/CD Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection

DCT Discrete Cosine Transform

DVT Digital Video Interactive

FDDI Fiber Distributed Data Interface

fps frames per second

FTP file transfer protocol

GSM Groupe Speciale Mobile

HzHertz

IETF Internet Engineering Task Force

IGMP Internet Group Management Protocol

IP Internet Protocol

ISDN Integrated Services Digital Network

ITU International Telecommunication Union

ITU-T Setor do ITU responsável pela padronização das telecomunicações

JPEG Joint Photographic Experts Group

LAN Local Area Network

LPC Linear Predictive Coding

MBone Multicast Backbone

MJPEG Motion JPEG

NTSC National Television Standards Committee

PAL Phase Alternation Line

PCM Pulse Code Modulation

PCS Personal Conferencing Standard

PCWG Personal Conferencing Working Group

PSTN Public Switched Telephone Network

QCIF Quarter CIF

RSVP Resource Reservation Protocol

RTCP Real Time Control Protocol

RTP Real Time Protocol

RTSP Real Time Streaming Protocol

S-Video Separate Video

TCP Transmission Control Protocol

ttl time to live

UDP User Datagram Protocol

URL Uniform Resource Locator

WWW World Wide Web

1. Introdução:

Estamos no limiar de uma nova era. As áreas de computação e telecomunicações revolucionam a maneira em que as pessoas vivem, o que sugere um potencial inimaginável para incrementar a capacidade humana de trabalhar, comunicar-se, divertir-se e fazer atividades antes limitadas pela barreira tecnológica^[1].

Muita coisa mudou desde que os computadores apareceram pela primeira vez. O que chamamos de revolução da Informática consiste, na realidade, em uma série de transformações, das quais podemos citar três que foram fundamentais para migrar-se do modelo de *mainframes* para a "caótica" plataforma *cliente-servidor intergalática*, descrita por R. Orfali^[2]: o surgimento dos microcomputadores, a evolução das redes de computadores e o aparecimento da plataforma cliente-servidor.

Essas três transformações, responsáveis por mudanças de paradigma, deram-se ao longo dos últimos vinte e poucos anos e começaram quando, em meados dos anos 70, apareceram os primeiros microcomputadores. Devido em parte ao limitado poder de processamento, o surgimento desses "pequenos notáveis" se deu de maneira tímida. Ao contrário de muitas outras invenções, o microcomputador apareceu sem uma utilidade definida e sem os apetrechos que hoje o completa. Aos poucos é que foram aparecendo os periféricos, assim como os primeiros aplicativos. Em pouco tempo já não se precisava mais do computador central para fazer uma pequena planilha de custos ou para digitar ofícios em uma empresa.

Com isso, o cenário estava preparado para a segunda transformação: a simples mas genial

idéia de utilizar o poder de processamento dos microcomputadores para trabalhar cooperativamente entre si ou com os *mainframes*. Embora os computadores de grande porte já pudessem se comunicar desde o início dos anos 70 (utilizando o protocolo SNA da IBM ou do próprio TCP/IP), a popularização das redes de computadores só se deu realmente com a entrada dos microcomputadores nas empresas. Esse ambiente híbrido de computadores e micros provocou o aparecimento das redes locais nas corporações. O surgimento da arquitetura Cliente/Servidor, a última das três transformações, foi uma consequência quase imediata do surgimento das redes para resolver o problema de sincronismo de processos executados em máquinas diferentes.

Hoje vivemos a era da plataforma aberta cliente-servidor, onde há uma liberdade de escolha, em todos os níveis. No tempo dos *mainframes*, o usuário só tinha de se preocupar em escolher um entre os poucos fabricantes de produtos de informática. A partir de então estes apareciam com solução completa para cada necessidade. Atualmente não há mais pacto de fidelidade com nenhum fabricante, cabendo ao próprio usuário escolher a plataforma do servidor, a plataforma do cliente, o protocolo de rede, a infraestrutura de computação distribuída, o servidor de banco de dados, o sistema de gerenciamento, as ferramentas de desenvolvimento e muito mais. Tudo isto sem falar que as tecnologias mudam constantemente e deve-se, na hora certa, migrar para aquela que dominará o cenário nos anos seguintes, tendo o cuidado de não se deixar ser levado por slogans e manter-se afastado de arquiteturas que simplesmente não conseguem estabelecer-se no mercado. Com isso, cabe ao usuário estar a par dos produtos à disposição, escolher os produtos mais adequados, fazê-los funcionar juntos, e, se algo der errado, descobrir, por si só, o defeito. Nesse mundo não há mais garantias e já não se

adquirem soluções, mas mercadorias separadas e o usuário é o único responsável por erros e acertos.

Embora, juntamente com a liberdade, tenha aumentado a responsabilidade dos usuários, é inegável que avanços ocorridos nestes últimos anos têm modificado o comportamento das pessoas, cada vez mais acostumadas com as facilidades propiciadas pelos computadores ligados em redes, principalmente após a popularização da Internet, a partir de meados da década de 90. Na esteira da revolução provocada pela disseminação dessa grande rede, fatores como a queda no preço de equipamentos que a ela servem de suporte e a redução das tarifas nos sistemas de comunicação tornam o acesso à Internet ao alcance do cidadão comum. E ela tem substituído com muito mais eficiência métodos convencionais de comércio, entretenimento, pesquisa e comunicação, entre varias outras atividades humanas.

Uma área que vem se expandindo rapidamente com o auxílio das redes de computadores é a Educação à Distância². Os computadores já há algum tempo têm sido aliados poderosos na área de educação e agora, interligados em escala mundial, expandem a sua potencialidade como uma ferramenta apropriada para unir instrutores e instruídos.

Juntamente com a expansão das redes, surgiram muitas outras tecnologias que podem incrementar cada vez mais as possibilidades de se utilizar essas redes a serviço da educação. A World Wide Web e a videoconferência são típicos exemplos dessa

²

Existe controvérsia quanto à grafia da locução à *distância*. Encontra-se no Apêndice 1 uma nota sobre a escolha do termo Educação à Distância com crase.

afirmação. Esta, pode melhorar em muito os níveis de interação ao acrescentar áudio e vídeo em tempo real^[3], e aquela, disponibilizar recursos facilmente para todo o mundo.

O enorme potencial da videoconferência justifica-se pela simples adição do áudio e do vídeo à comunicação entre instrutores e alunos. O vídeo aperfeiçoa em muito tarefas como demonstrações, práticas que envolvem habilidades, modelamento de comportamento e soluções de problemas colaborativos^[4]. O áudio, por sua vez, está entre os componentes mais críticos de um sistema que se proponha a garantir uma comunicação interativa eficiente. E em se tratando de interatividade, uma imagem nem sempre vale mais que mil palavras, embora isto continue verdadeiro para outras atividades em que, diferentemente da educação, a interatividade não seja um elemento crucial. Em uma partida de futebol pela televisão, por exemplo, o vídeo é essencial, mas o som é secundário. Por outro lado, em uma aula, onde se espera que o estudante seja mais do que um simples elemento passivo, o áudio é que se torna essencial, enquanto o vídeo, embora necessário, já não é suficiente.

Por sua vez, a World Wide Web tem-se mostrado um meio tão eficiente para criação de cursos à distância, que justificou o aparecimento de uma nova área de pesquisa e desenvolvimento chamada Instrução baseada na Web, ou, apenas, IBW, que utiliza servidores Web para publicar cursos em redes. Mais do que publicar conteúdos de cursos, com a Web, tem-se automaticamente ao dispor de alunos e professores uma variedade de aplicativos, que vão de uma simples mensagem eletrônica à videoconferência pessoal (desktop videoconferencing), disponível a qualquer pessoa que tenha um computador pessoal e uma conexão com a Internet. O potencial dessa combinação é muito grande e tende a resolver alguns problemas, como interatividade e acessibilidade, não resolvidos

satisfatoriamente por outros métodos de Educação à Distância. Na realidade essa tecnologia pode romper seriamente com paradigmas de ensino atuais: *"In the industrial age we go to school. In the information age, school can come to us".*³

Este trabalho propõe uma reflexão sobre os problemas enfrentados por instituições de educação profissional que decidem implementar projetos de educação à distância baseados em redes de computadores. Embora existam vários sistemas de IBW, não se nota em nenhum deles uma preocupação específica com a educação profissional. Como resultado dessa reflexão, foram levantadas características típicas da educação profissional que a diferem da educação geral e sugeridos pressupostos a serem satisfeitos por sistemas de educação à distância voltados para as escolas profissionalizantes.

Tendo por base esses pressupostos, foi feita a especificação e implementação do protótipo do INVENTE, um sistema de Instrução baseada na Web (IBW). A exemplo de outros ambientes IBW, o INVENTE oferece a alunos a possibilidade de acessar serviços típicos de uma escola via Web, seja para ler uma apostila, assistir a um vídeo de uma aula, submeter uma tarefa atribuída pelo professor ou apenas consultar as notas e que permita a professores e alunos manter contato com diferentes níveis de interação, que podem ir do simples correio eletrônico à videoconferência, intermediando, assim, a relação ensino-aprendizagem. Contudo, ao contrário de outros sistemas IBW e a fim de contemplar as peculiaridades da educação profissional, é dado, no INVENTE, um tratamento especial às mídias chamadas isócronas (sensíveis ao tempo), áudio e vídeo, e à

³ Na Era Industrial, *nós* vamos à escola. Na Era da Informação, a escola pode vir a nós.

estrutura de rede que vai transportá-las.

Esta dissertação está organizada em 7 capítulos: O capítulo 2 é devotado à teoria da Educação à Distância. Aqui são respondidas algumas questões relacionadas à implementação de sistemas voltados ao ensino à distância: premissas a serem consideradas como ponto de partida para um sistema de Educação à Distância eficiente, novos papéis do professor e aluno, além de questões mais específicas de sistemas de IBW, tecnologia adotada pelo INVENTE.

O capítulo 3 é dedicado aos exemplos de sistemas de Educação à Distância que utilizam as tecnologias Web e videoconferência de sala. Nele, apresentam-se motivos para se utilizar essas tecnologias e faz-se uma síntese dos sistemas disponíveis atualmente. É dada uma atenção especial ao AulaNet, sistema de IBW da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, e ao projeto de Educação à Distância da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará, projetos estes com os quais o INVENTE tem relação mais próxima e que serviram de inspiração para algumas idéias aqui concebidas.

O capítulo 4 é voltado às tecnologias envolvidas em um sistema de IBW. Nele abordam-se as mídias áudio e vídeo, elementos essenciais para um sistema voltado para a educação profissional, como o INVENTE. Questões como geração, codificação, compressão e descompressão, transmissão e reprodução do áudio e vídeo dominam este capítulo. Adiante estuda-se como a Internet, uma rede concebida para a transmissão de dados, está se modificando para adaptar-se às mídias isócronas.

O capítulo 5 apresenta a videoconferência voltada para a educação à distância e como ela pode ser usada para satisfazer exigências educacionais. Descreve, também, como novos

protocolos estão sugindo para transformar a Internet em um meio conveniente para transmissão de áudio e vídeo além de apresentar ferramentas usadas comumente nessa rede.

No capítulo 6 encontra-se a proposta do INVENTE. Após levantamento das características da educação profissionai, são sugeridos 5 pressupostos a serem observados por sistemas de educação à distância utilizados na educação profissional. O restante do capítulo é dedicado à modelagem e implementação de um protótipo do INVENTE baseando-se nos pressupostos levantados anteriormente.

. Educação a Distância:

Na atual Era da Informação o aprendizado não mais está confinado entre as quatro paredes de uma sala de aula. O instrutor, munido com um livro texto, também já não é a única fonte de ensinamentos. Hoje, a informação está em toda parte e, muitas vezes, separada dos estudantes no tempo e/ou espaço. É necessário, portanto, desenvolver maneiras de prover uma ligação entre instruídos e a informação remota, fazendo uso, para isso, de alguma tecnologia^[4].

2.1 CONCEITOS BÁSICOS

A história da Educação à Distância é uma seqüência de novas idéias e tecnologias - sempre contrabalançadas por uma resistência a mudanças. Embora o conceito não seja tão antigo, a prática remonta às Cartas de Platão e às epístolas de São Paulo passando pelo século XVIII, com as experiências de educação por correspondência .

Hoje instituições oferecem programas de Educação à Distância que têm como meio de veiculação desde o centenário correio até as redes de computadores, redes estas que reúnem atualmente a eficiência da televisão ao custo e disponibilização do telefone e acrescentam, ainda, inúmeras funcionalidades não encontradas em outros meios de comunicação.

⁴ Para uma consulta detalhada do assunto, favor consultar o artigo *Research in Distance Education*, de Michael Jeffries^[54] .

O termo Educação à Distância tem como marcas a separação entre professor e aluno no espaço e/ou no tempo^[5], o controle volitivo da aprendizagem pelo estudante em vez do professor - que está distante^[6] e a comunicação entre estudante e professor mediada por uma simples folha impressa ou outra forma de tecnologia^{[7][8]}. Tendo em vista tais conceitos, parecem ser óbvias as vantagens de se adotar a educação à distância em alguns casos: possibilita que estudantes espalhados geograficamente tenham acesso a recursos de uma instituição central, todos ao mesmo tempo; permite a participação de alunos que não possam acessar o sistema, por terem outros compromissos; possibilita o auto-aprendizado; facilita a vida de quem tem algum problema de locomoção; etc.

2.3 SISTEMAS DE EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA

O presente sistema educacional foi influenciado por paradigmas da Era Industrial e está agora tentando adequar-se às necessidades da Era da Informação. Sabe-se que, atualmente, a informação já não está concentrada unicamente nas escolas, mas encontra-se disponível em fontes por todos os lados. Assim, um grande desafio para as escolas é desenvolver as ferramentas para acessar tais informações, que estão, muitas vezes, distantes. Para isso, inúmeras instituições de todo o mundo desenvolvem programas de Educação à Distância, de acordo com o que julgam ser a maneira mais eficiente de acessar a informação desejada, dentro de suas possibilidades.

No entanto, como bem ressalta Lorraine Sherry^[9], no momento em que se resolve constituir um programa de Educação à Distância, aparecem inúmeras questões em relação aos diversos métodos que podem ser empregados, aqueles que podem servir mais

adequadamente de *middleware* na relação ensino-aprendizagem. É necessário, também, superar todo o preconceito que há em relação ao ensino à distância, tanto por parte de alunos como dos próprios professores.

Além disso, toda vez que se desenvolvem sistemas de Educação à Distância baseados em computador, é grande a tentação de se entregar uma solução já acabada, elaborada hermeticamente por especialistas em informática com pouca ou nenhuma experiência na área de docência, sem a interação necessária com os verdadeiros usuários e sem levar em consideração aspectos pedagógicos mínimos.

Embora a tecnologia seja parte integrante da Educação à Distância, qualquer programa bem sucedido deve visar às necessidades do estudante e não à tecnologia em si. É essencial considerar a idade, histórico sócio-econômico e cultural, interesses e experiências, nível educacional e familiaridade com métodos de Educação à Distância dos estudantes^[10] assim como a desenvoltura do professor diante dessa tecnologia. "O fator mais importante para um bom sistema de Educação à Distância é um professor atento, confiante, adaptado aos equipamentos, que usa a mídia criativamente e mantém um alto nível de interatividade com os estudantes" .

Além de um quadro de pessoal experimentado, as ferramentas utilizadas também devem satisfazer alguns requisitos e necessidades diagnosticadas pelos instrutores, alunos e especialistas do conteúdo ensinado. Portanto, cabe aos desenvolvedores de uma aplicação compatibilizar essas exigências de cunho pedagógico com as limitações de ordem técnica.

Algumas premissas universais podem ser consideradas como ponto de partida para um

sistema de Educação à Distância eficiente:

Interatividade: Apresenta-se de várias formas: entre alunos e professor, entre alunos e o ambiente de aprendizagem (que vai do quadro-negro até equipamentos utilizados em matérias práticas) e entre os próprios alunos. Garrison^[8] sustenta que a qualidade do processo educacional depende de uma comunicação contínua e bidirecional e que, sem conectividade, a Educação à Distância degenera para o velho modelo de estudo independente do curso por correspondência em que o estudante torna-se autônomo e isolado e, muitas vezes, abandona o curso. Millbank^[11] estudou a eficiência de uma mistura de áudio e vídeo para treinamento coletivo. Quando ele introduziu interatividade em tempo real, a taxa de retenção de informação dos treinandos subiu de 20% (usando métodos de aulas comuns) para 75%.

Aprendizado ativo: O aluno deve se sentir responsável pelo conteúdo ensinado bem como a maneira como ele é ministrado. Cabe ao professor estimular essa participação ativa dos alunos.

Comunicação efetiva: A mesma idéia exposta pelo instrutor causará uma impressão diferente em cada um dos alunos. Portanto, uma escolha correta do meio, da imagem e dos recursos é essencial para um aprendizado efetivo.

Diante de novas tecnologias, aparecerão questões que envolvem planejamento, Administração e Economia, dentre outros fatores cruciais para um programa de Educação à Distância. Em particular, devem-se considerar os papéis da tríade professor-orientador-aluno, o treinamento dos professores e quadro técnico-administrativo, implementação e adoção de novas tecnologias e questões como recursos didáticos, custos e programação.

Outra questão associada ao aspecto organizacional é o suporte permanente ao curso. Se o planejamento e preparação para o curso são importantes, o suporte tanto tecnológico quanto humano ao longo do curso são vitais para a manutenção do momento do curso e seu conseqüente sucesso^[17].

2.4 OS NOVOS PAPEIS DO PROFESSOR E DO ALUNO

"Better learning will not come from finding better ways for the teacher to instruct but from giving the learner better opportunities to construct. "

*

Na educação tradicional, professores interagem diretamente com seus alunos, preparam seu próprio material de apoio, notas de aula e provas além de serem autônomos em sua sala de aula. Professores de Educação à Distância, por outro lado, não estão em contato direto com seus alunos e, nesse processo de comunicação, interpõem-se figuras diversas, que vão dos editores a técnicos, dos produtores ao orientador local. Já que muitas pessoas devem colaborar na produção de um programa de Educação à Distância de qualidade, a necessidade de planejamento e coordenação do pessoal envolvido é essencial. Em particular, deve-se definir o papel de duas figuras-chave: o professor e o orientador de aprendizagem (ou orientador de classe).

*

Um melhor aprendizado advirá não de se descobrirem melhores maneiras do professor ensinar, mas de dar ao aprendiz melhores oportunidades de construir.^[12]

O professor de Educação à Distância precisa ser mais organizado que o professor de classe, deve dominar, além do assunto ensinado, estratégias efetivas para o ensino à distância e deve se sentir confortável com a aparelhagem. É, pois, o responsável por conhecer o assunto objeto da aula, preparar planos das lições, selecionar material de apoio, passar as instruções efetivamente via câmera⁵, determinar o grau de interação dos alunos e selecionar a forma de avaliação.

Outra personagem fundamental neste processo é o orientador de aprendizagem, presente, por exemplo, no modelo de tele-ensino da Secretaria de Educação do Estado do Ceará. Ele é uma extensão do professor, embora não precise ser também professor, e tem a responsabilidade de motivar e encorajar os estudantes, manter o entusiasmo e a disciplina na classe. Também fica a seu cargo o manuseio dos equipamentos, a distribuição, coleta e atribuição de notas, de tarefas, resposta a perguntas, quando necessário, e a assistência ao professor quando solicitada.

2.5 EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA BASEADA NA WEB

As salas de aula tradicionais têm sido influenciadas pelo modelo skinneriano de aprendizado, baseado na transferência de conhecimento do professor para o aluno, onde aquele controla o conteúdo e o ritmo do aprendizado e o ensino é dirigido para a um

Nos sistemas de ensino via televisão, esta tarefa está cada vez sendo desempenhada por profissionais de comunicação, como atores, apresentadores de programas, etc.

grupo grande -uma classe - e guiado, normalmente, por um livro-texto. Por outro lado, existe um modelo centrado no estudante, chamado modelo construtivista^[13], em que os alunos ajudam a escolher o conteúdo, enquanto que ao professor cabe o papel de moderador. A Internet, com seus grupos de discussão, gráficos, textos, áudio, vídeo, transferência de arquivo, correio eletrônico, videoconferência, bate-papo, etc. enquadra-se como um meio adequado para a realização de um sistema de ensino baseado no modelo construtivista.

Sendo a Web um meio diferente de transmissão de conteúdo, os estilos de ensino têm de ser adaptados a este novo ambiente^[56]. Da mesma forma, alunos têm de se adequar a este paradigma. O ensino via Web pode estimular os alunos a estabelecer objetivos, a se planejar e a se auto-avaliar^[14] e oferece a oportunidade de dominar conceitos^[15].

Na prática, a tecnologia WWW está sendo utilizada a serviço da educação em um número crescente de instituições em todo o mundo. Resultados de uma pesquisa mostram que os estudantes ingleses que utilizam a Internet com o objetivo de aprofundar os conhecimentos escolares apresentam um rendimento 30% maior quando comparados aos companheiros que estudam sozinhos e da maneira tradicional. Dentre os muitos argumentos que justificam essa comprovação, pode-se recordar que a Internet propicia a formação de grupos de debate, o acesso a um extenso acervo informacional e o contato com pessoas especializadas nas mais diversas áreas de competência^[16].

Tal informação, somente, talvez já validasse o uso da tecnologia das redes de computadores para implementar um programa de Educação à Distância. No entanto, tal alternativa deve ser discutida com certo rigor, principalmente quando se trata de um país

em desenvolvimento como o Brasil. É importante considerar o custo dos equipamentos, sua manutenção e a contratação de profissionais indispensáveis para o seu bom aproveitamento. Enquanto a maioria das escolas públicas de ensino fundamental não apresenta uma estrutura que garanta sequer comodidade para os alunos, esses gastos parecem estar longe de se tornarem uma prioridade. Isto sem falar no poder aquisitivo dos alunos, que precisam ter, idealmente, os mesmos equipamentos em casa.

Por outro lado, o emprego dessas tecnologias não é nenhuma unanimidade entre os profissionais da área de Educação^[54]. E na opinião da maioria, qualquer programa de Educação à Distância com base nessas novas ferramentas que não seja devidamente respaldado por uma investigação dos aspectos pedagógicos tende a gerar resultados distantes dos desejados. Como exemplo, Alfred Bork, da Universidade da Califórnia, situa alguns materiais que empregam a tecnologia de hipertexto e hipermídia entre os que apresentam mais baixas qualidades de interação. Segundo esse autor, se o material não for bem elaborado, o aluno limita-se a apontar aleatoriamente para *links* e a esperar passivamente pelo resultado. Em um dado momento, o aluno não tem bons motivos para escolher um entre os vários caminhos possíveis. Certamente, de acordo com Bork, o problema não tem a ver com o conceito de hipertexto ou hipermídia - que, para ele, podem ser técnicas muito úteis - mas com a concepção de um dado material.

2.6 TENDÊNCIAS PARA O ENSINO NA ERA DA INFORMAÇÃO

O aprendizado, o ensino, o treinamento formal tendem a não serem mais feitos somente em sala de aula. A sociedade da Informação oferecerá acesso instantâneo ao

conhecimento necessário, por meio das redes de computadores.

A educação não deverá ser desumanizada, porém, conforme algumas previsões. O mestre deverá continuar presente -mesmo que, possivelmente, à distância-, no entanto, munido com novas ferramentas e um grande arsenal de novas metodologias que irão complementá-lo, não substituí-lo.

Diferente educação para os diferentes: as novas tecnologias propiciarão este tipo de ensino. Por exemplo, com a utilização de programas de *streaming* de vídeo, como o Real Player, aulas previamente gravadas poderão ser repetidas quantas vezes se desejar, a qualquer hora e de qualquer lugar que tenha acesso à Internet simulando, assim, um vídeo-cassete dedicado a cada aluno. Com isso, diferentes ritmos de aprendizado serão contemplados.

Circunstâncias imprevisíveis estão propensas a acontecer, especialmente quando computadores estão envolvidos. Desculpas como "meu cachorro comeu meu trabalho de casa" tendem a mudar para "a rede caiu" ou "meu computador quebrou no meio da aula".

A preparação de aula do professor será muito mais rica, além de atingir um número bem maior de alunos, via videoconferência, WWW, email, etc. Recursos multimídia deverão substituir a velha lousa e os livros eletrônicos e interativos tenderão a complementar os livros convencionais.

Não apenas as escolas e universidades terão de se preocupar com a tarefa de capacitar seus alunos. Se os diversos ramos de atividades ligados ao comércio e à indústria pretendem sobreviver e prosperar em um ambiente globalizado altamente competitivo,

eles devem, mais do que nunca, investir em treinamento contínuo e retreinamento, que podem se dar na própria empresa. Os conceitos de *aprendizado perpétuo* e *conhecimento instantâneo* são estratégias importantes^[4] Uma chave para o sucesso é a utilização de meios eficientes de distribuição de treinamentos.

Algumas necessidades de treinamento e retreinamento preenchidas pelas aplicações de Educação à Distância incluem:

- informação de novos produtos e políticas;
- treinamento em serviços especializados;
- educação profissional avançada;
- cursos de administração;
- educação do consumidor;
- No Brasil, em particular, a formação de professores leigos, visando a atender a uma determinação da LDB, segundo a qual até o fim de 2001 todos os docentes devem ter, obrigatoriamente, o curso de Magistério

Os colégios e universidades estão enfrentando muitos desafios atualmente. Ou seja, o momento em que as empresas necessitam de mais treinamento coincide com a fase de orçamento declinante de universidades e escolas. Desse modo, cabe a estas desenvolver novos e mais baratos meios de distribuir seu produto principal - a educação - a clientes novos e não-tradicionais.

3. Sistemas de Educação à Distância

Nestes capítulos são discutidos sistemas baseados em tecnologias atualmente empregadas na elaboração de projetos de Educação à Distância, a Web e a videoconferência. Reservaremos o termo Educação à Distância baseada em videoconferência aos sistemas que utilizam a videoconferência de sala, que envolvem salas de aula equipadas para tal e meio de transmissão dedicado. Embora os ambientes de Instrução baseada na Web possam utilizar-se da chamada videoconferência pessoal, que emprega programas como o CU-SeeMe (aplicativo de videoconferência desenvolvido pela Universidade de Cornell, nos Estados Unidos) tendo a Internet como meio de transmissão, há, ainda, muito que se aperfeiçoar, antes que tal esquema possa ser utilizado sem deixar no usuário um sentimento de decepção devido à pobre qualidade de vídeo e áudio. Como veremos nos capítulos 4 e 5, esta realidade está mudando rapidamente, de modo que a Internet, em breve, se transformará em um meio adequado à transmissão de mídias sensíveis ao tempo e a videoconferência de boa qualidade estará disponível a qualquer pessoa que tiver um microcomputador e acesso à Internet.

3.1 MOTIVAÇÃO PARA IBW

Cada vez mais instituições de ensino estão implementando cursos de Ensino à Distância baseados na Web, ou Instrução baseada na Web. O motivo para tal fato é que a interface Web mostrou ser um meio bem prático de integrar-se os vários recursos disponíveis nas redes de computadores, de forma que, em vez de apenas restringir-se à publicação de

conteúdo no padrão HTML, os sistemas de Instrução Baseada na Web (IBW) agregam, em uma só interface, de maneira transparente e amigável para os usuários, recursos como email, *chat*, *newsgroups*, listas de discussão, transparências (geradas pelo programa PowerPoint, da Microsoft, por exemplo), vídeo sob demanda e, até, videoconferência pessoal.

Do ponto de vista técnico, as dificuldades de se montar um curso baseado na Web são cada vez menores, principalmente após o aparecimento de ferramentas que subtraem do professor a necessidade de conhecer a tecnologia das redes, deixando para ele a única - e grande - responsabilidade de se preocupar com o conteúdo de sua disciplina. Já do ponto de vista pedagógico, um interessante material discute a motivação por trás da tecnologia IBW, sintetizando dois importantes trabalhos na área.

Segundo Lucena^[17], "os trabalhos de Keller, com o modelo ARCS, e de Malone, com seu modelo CFC, fornecem dimensões interessantes para determinar porque IBW pode ser intrinsecamente motivante, sugerindo como se deve agir para gerar interesse em IBW." Continua Lucena, sobre esses modelos:

O modelo ARCS considera 4 fatores de motivação para o aprendiz: atenção, relevância, confiança e satisfação. Segundo Duchastel, IBW satisfaz plenamente aos dois primeiros fatores e tem problemas com relação aos dois últimos.

No modelo de Malone observa-se um conjunto diverso de motivações (embora existam algumas superposições). Malone analisou porque jogos em computadores são cativantes e depois extrapou para ver como os mesmos fatores que criam o interesse por jogos podem ser usados para motivar o

aprendizado. Seu modelo inclui três fatores: desafio, fantasia e curiosidade (CFC).

3.2 SISTEMAS DE IBW MAIS USADOS

Considerando-se as características típicas acima descritas para um ambiente IBW, são apresentadas a seguir algumas das principais ferramentas IBW hoje em uso⁶:

WCB - Web Course in a Box^[21]

Desenvolvida pela Virginia Commonwealth University, tem como objetivo a criação e manutenção de cursos na Web. Permite a criação de páginas WWW para os diversos serviços além das funções interativas como fórum de discussão e exercícios auto-corrigíveis. Tanto a autoria como os cursos são realizados através de browsers Web, não requerendo do professor/aluno conhecimentos técnicos aprofundados.

Segundo seus autores, a principal meta do WCB é proporcionar facilidades - através do uso de ferramentas adequadas - à elaboração de cursos para a Web por instrutores com pouco conhecimento técnico de informática. Embora as características dos cursos sejam totalmente voltadas para utilização de forma assíncrona, alguns componentes síncronos, como o *chat*, por exemplo, podem ser incluídos. As principais facilidades encontradas nesse ambiente são:

⁶ Para uma comparação entre estas mesmas ferramentas, o artigo "Um Estudo Comparativo sobre Ambientes de Educação na Web" de Sergio Crespo, Marcus Felipe M. C. da Fontoura e Carlos José P. de Lucena pode ser consultado

- criação de Identificadores (ID's) e passwords dos usuários de modo a restringir o acesso às páginas Web (restringe, adicionalmente, páginas a um subgrupo de classe);
- criar bate-papo e grupos de discussão para as classes;
- compartilhar documentos;
- criar calendários e ementas;
- permitir a criação de home pages pessoais;
- criação de testes, permitindo a resolução *on-line* dos mesmos.

A versão atual do WCB foi totalmente reescrita, incorporando um modelo de programação mais modular, que o torna mais fácil de ser configurado para sites individuais. O WCB apresenta as seguintes características:

- exercícios e práticas/testes: os instrutores podem usar os novos moldes do WCB para criar exercícios/práticas e componentes de teste para seus cursos;
- a partir das características de um curso é possível ao instrutor reutilizar conteúdos para configuração de um outro curso;
- configuração das características do sistema, tais como informações do semestre e fuso horário. Por exemplo, se a instituição usa trimestres ao invés de semestres, pode-se agora configurar como a informação aparece nos moldes do WCB;

- subgrupos em fórum : o instrutor pode designar que o(s) fórum(s) de sua classe seja(m) aberto(s) a um subgrupo de estudantes dessa classe;
- arquivos gráficos: Através de *upload* (transferência de arquivos de uma máquina cliente para o servidor), o instrutor tem a possibilidade de inserir arquivos gráficos próprios no desenvolvimento de seus cursos;
- lista de cursos: O instrutor pode optar pela inclusão ou não de seu curso na lista principal de cursos WCB;
- *home pages* gráficas - A visualização das *home pages* pode ser com ou sem gráficos, sendo possível também configurar o tamanho dos gráficos.

Web-CT - Web-Course Tool^[221]

Desenvolvido pela *University of British Columbia*, tem como objetivo a criação e disponibilização de cursos internos. Além das facilidades interativas e de ferramentas educacionais, implementa suporte a múltiplos idiomas e a customização da estrutura navegacional por instituição/departamento.

O WebCT é uma ferramenta que facilita a criação de ambientes educacionais baseados na WEB por usuários que não disponham de conhecimentos em programação. Ele pode ser usado para criar cursos inteiros on-line ou para publicar materiais que complementem cursos existentes.

Tipo de grupo de discussão que utiliza a tecnologia Web

Ele não apenas produz cursos para WWW, mas também usa *browsers* WWW como a interface para a construção do ambiente do curso. Segundo seus autores, além de facilitar a organização do material do curso na Web, o WebCT também fornece uma grande variedade de ferramentas e características que podem ser adicionadas a um curso.

Entre essas ferramentas podemos citar: sistema de conferência, *chat on-line*, acompanhamento do progresso do estudante, organização de projeto de grupo, auto-avaliação do estudante, manutenção e distribuição de classe, controle de acesso, ferramentas de navegação, questionários (*quizzes*), correio eletrônico, geração automática de índice, calendário do curso, home pages de estudantes, busca por conteúdos do curso.

Usando o WebCT, as facilidades para criação de ambientes de educação baseados na Web são possíveis através dos seguintes recursos:

1. apresentação de uma interface com o projeto de apresentação do curso (*ayout* de páginas, esquemas de cores, etc) ;
2. disponibilização de um conjunto de ferramentas educacionais com facilidades para a aprendizagem, comunicação e colaboração;
3. disponibilização de ferramentas administrativas de assistência ao instrutor no processo de gerenciamento e melhorias contínuas do curso.

Cabe ainda ressaltar as seguintes facilidades disponíveis no WebCT:

Pode ser usado para criação de cursos ou apenas para disponibilizar materiais para cursos já existentes;

Requer experiência técnica mínima, tanto por parte do desenvolvedor do curso como por parte do estudante;

É totalmente baseado na Web. Não há necessidade de instalação de softwares além do browser.

LearningSpace²³

Desenvolvido pela Lotus Education e IBM, caracteriza-se como um ambiente para o desenvolvimento de serviços de apoio à educação à distância. O LearningSpace é desenvolvido sobre o ambiente de groupware Lotus Notes.

O LearningSpace não implementa o suporte a múltiplos idiomas, a capacidade de customização da estrutura navegacional e a customização por intuição/departamento.

Oferece ao estudante os seguintes ambientes:

- *Programação (Schedule)*: onde são encontradas tarefas, materiais e provas;
- *Centro de mídia (Media Center)*: repositório de documentos e links;
- *Sala de Aula Course Room*): proporciona um ambiente colaborativo entre alunos e/ou alunos e instrutores;
- *Perfis (Profiles)*: ajuda alunos e instrutores a conhecer colegas de "classe".

Virtual-U²⁴

Trata-se de um ambiente baseado na Web, desenvolvido pela Simon Fraser University, que permite a integração de ferramentas e gabaritos (*templates*) para criação, manutenção

e consumo de cursos. Conta com as seguintes funcionalidades: Criação, manutenção e evolução de cursos através de páginas Web, disponibilização de recursos compartilhados para disseminação do conhecimento, recursos interativos voltados para atividades cooperativas entre alunos, professores e colaboradores externos.

Virtual-U é um sistema de software baseado no servidor, que permite projeto, apresentação e melhoramentos de cursos de educação e treinamento para serem disponibilizados sobre a Internet ou em Intranets, usando tecnologias WWW.

Características do Virtual-U:

um framework para diferentes enfoques de ensino;

ferramentas instrucionais e suporte para instrutores baseado em princípios pedagógicos;

suporte a comunicação assíncrona, usando os princípios de aprendizagem ativa, colaboração e construção de conhecimento;

um ambiente multi-idioma (Inglês e Francês já incluídos, e Português brevemente).

Componentes do Virtual-U:

- Sistema de Conferência *Vgroups*: Suporta comunicação e colaboração de grupo em uma configuração segura no estilo newsgroup. Os instrutores podem estabelecer grupos colaborativos e definir estruturas, tarefas e objetivos. Qualquer usuário pode conduzir conferências e criar sub-conferências.
- Permite aos usuários organizar mensagens em diferentes modos, para permitir o

acompanhamento de conversas (*threads*) e visualizá-las como uma lista de títulos de mensagens ou de mensagens completas. As mensagens podem incluir *links* para referenciar quaisquer materiais do curso na Internet.

- Ferramentas de estruturação do curso: Habilitam os instrutores a organizarem recursos do curso sem conhecimento de programação. Esses recursos podem incluir arquivos para *download*, textos, *links* relevantes na Web, tarefas e qualquer tipo de arquivo multimídia. A ferramenta automaticamente coloca o programa do curso no WWW para acesso pelos estudantes envolvidos naquele curso. Os instrutores não precisam gerenciar a lista de classe, ou passwords de estudantes, pois o Administrador do Virtual-U gerencia esta tarefa para todos os cursos.
- Submissão de tarefas: Permite ao instrutor requisitar, receber e comentar atividades do curso e arquivos de tarefas que são submetidos pelos estudantes num curso do Virtual-U. Os instrutores podem configurar horários de início e fim para a submissão de arquivos.
- *GradeBook*: É uma ferramenta para os instrutores avaliarem, através de conceitos, as atividades de cada curso disponibilizado com o Virtual-U, e fornecer os resultados on-line. O *GradeBook* fornece:

locais para múltiplos sistemas de avaliação, incluindo avaliações numéricas, avaliações através de conceitos (letras);

permite ao estudante visualizar de forma gráfica ou textual suas próprias notas e posição relativa na classe;

estatísticas simples para as atividades avaliadas, e ferramentas para o instrutor estabelecer e redefinir escalas de avaliação por nota;

suporte para avaliação por nota entre instrutores do mesmo curso.

- Ferramentas de Administração do Sistema: Assiste os administradores do sistema na instalação e manutenção do Virtual-U. Isso inclui funções como criação e manutenção de contas de estudantes e definição de privilégios de acesso.

AulaNet¹¹⁸¹

O AulaNet é um ambiente de software baseado na Web, projetado para um público leigo, para administração, criação, manutenção e assistência de cursos à distância. A versão 1.2 do AulaNet encontra-se instalada e em funcionamento no Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, instituição que servirá de cenário para a proposta deste trabalho.

Desenvolvido pelo Laboratório de Engenharia de Software do Departamento de Informática da PUC-Rio, caracteriza-se pela grande capacidade de interatividade de seus cursos e pela facilidade de reutilização de conteúdos já existentes em mídia digital, através de importação de arquivos.

Segundo seus autores, quando comparado aos diversos ambientes de educação na Web, o AulaNet apresenta uma clara diferença. Enquanto os demais sistemas enfatizam os aspectos de *courseware* (apresentação de conteúdo didático através do computador), o AulaNet enfatiza os aspectos de *learningware* (que combina as características de *courseware* com as diversas formas de interação entre alunos e entre alunos e instrutor).

Os cursos criados no ambiente AulaNet priorizam a cooperação entre os alunos e entre aluno e professor e estão apoiados em uma variedade de tecnologias disponíveis na Internet, tais como correio eletrônico, videoconferência, etc.

O AulaNet possui as seguintes premissas básicas:

1. Não é preciso que o autor tenha um conhecimento profundo do ambiente Web;
2. Grande capacidade de interatividade nos cursos a serem criados, de modo a incentivar uma intensa participação do aluno no processo de aprendizagem (learningware);
3. Possibilidade de reutilização de conteúdos já existentes em mídia digital, através, por exemplo, da importação de arquivos;

No ambiente AulaNet consideram-se três atores no processo de criação/aprendizado, que são:

1. Administrador: sua função é facilitar a integração professor/curso/aluno, tratando de questões de natureza eminentemente operacional, como inscrição de professores, admissão de alunos em cursos, publicação de cursos, aceitação de pedidos de docência, etc.
2. Aluno: é o usuário final do curso, representando o público alvo para quem o curso se destina.
3. Professor: é o criador do curso, participando desde a sua descrição inicial até a dos conteúdos do mesmo. Poderá ou não ser o responsável pela aplicação do curso, podendo contar ou não com o auxílio de um Professor co-autor.

Para se ter acesso ao ambiente AulaNet é preciso que o usuário disponha de um *browser* (Netscape Communicator ou Microsoft Internet Explorer 4.0) associado a alguns *plug-ins* (programas que adicionam funcionalidades ao *browser*) que são necessários para que o *browser* seja capaz de visualizar determinados tipos de materiais, como transparências, vídeos, arquivos de texto, etc. Caso o usuário não disponha do *browser* indicado para o ambiente ou dos *plug-ins*, ele poderá encontrar *links* para as *home pages* desses programas, na opção FAQ da página do AulaNet e, então realizar o *download* dos programas que ele necessita.

A tabela a seguir mostra os serviços oferecidos pelas ferramentas citadas:

Serviços Oferecidos

	Comunicação	Administrativo	Avaliação	Didático	Gerais
WCB	Contato com Professor Chat	Notícias Curso Agenda		Transparências Refer. WEB	Home pages Fórum
Web-CT	Correio News Chat	Quadro Aviso Notas Acompanhamento do Curso	Testes	Glossário Anotações Referências Q. Branco	Apresentação de Alunos Arquivos Busca Automática
LearningSpace	Correio News	Agenda	Exercícios Tarefas	Imagens, sons Vídeos	Perfis Aluno/ Professor Gerente de Avaliação
Virtual-U	Correio News Debates	Agenda	Exercícios Tarefas	Seminários Projetos Metas Conferência Chats 3D	Estatísticas
AulaNet	Contato com Professor Grupos Debate	Agenda Notícias Cadastro de Instrutores	Teste Projeto Exercícios Resultados	Plano de aula Transparências Aula gravada Texto aula Livro texto Bibliografia	Tutoriais Home pages Serviço de Busca

Tabela 1: Serviços oferecidos pelas ferramentas IBW

3.3 SISTEMAS BASEADOS EM VIDEOCONFERÊNCIA DE SALA

Uma outra maneira de se implementar sistemas de educação à distância envolve dispendiosas salas equipadas com dispositivos de áudio, vídeo e controle, *codecs* de áudio e vídeo, *whiteboard*, monitores, etc, todos de alta qualidade. Além disso, faz-se necessário uma conexão dedicada de alta velocidade, o que torna tal tecnologia acessível apenas à instituições de maior porte. É a chamada videoconferência de sala.

Nesta seção, abordaremos os benefícios trazidos por esta tecnologia, algumas questões que devem ser levadas em conta para que uma sessão de videoconferência alcance o resultado esperado e, no fim, apresentaremos o projeto de videoconferência da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará.

3.3.1 Benefícios

Educadores atestam que a videoconferência afeta o aprendizado dos alunos das seguintes maneiras^[25]:

Eleva a motivação: os alunos ficam entusiasmados por utilizarem uma nova tecnologia para interagir com professores e outros alunos remotos.

Aumenta a capacidade de comunicação e de apresentação: os estudantes consideram os "visitantes" da tela importantes e ficam mais conscientes da importância de aparecer e falar bem. Além disso, ao planejar e preparar uma videoconferência, os estudantes desenvolvem a capacidade de comunicação e de gerenciamento, segundo Paul Massmann, professor da Concordia University Irvin: "Os estudantes vêm-se na tela e

percebem que estão sendo vistos da mesma maneira do outro lado. Ao longo do curso, notei mudanças de postura, de atitude e até da maneira de se vestir. E tudo para melhor."

Aumenta o contato com o mundo externo: muitas vezes uma visita ao vivo não é possível e, assim, o aluno tem a possibilidade de manter contato com pessoas distantes e, às vezes, bem diferentes dele. No entanto, recomenda-se que, se for haver uma relação contínua entre os participantes de uma videoconferência, pelo menos um contato presencial seja feito.

Aumenta a profundidade do aprendizado: Os estudantes aprendem a fazer melhores perguntas e o aprendizado se dá a partir de uma fonte primária, em vez de um livro texto.

3.3.2 Habilidade de comunicação

A habilidade de se comunicar é um ingrediente fundamental para uma sessão de videoconferência ter êxito. Recomenda-se que se observem os seguintes pontos:

- Conheça o sistema de videoconferência - É de extrema importância sentir-se confortável com o sistema utilizado. Portanto dedique algum tempo para testar e fazer experiências até que toda a aparelhagem se tome uma coisa natural de se ser operada. O objetivo final é que o sistema fique o mais transparente possível, de modo que professor e aluno concentrem-se no aprendizado.
- Contato olho no olho - Para fazer com que aluno não se sinta excluído, dirija-se a ele olhando diretamente na câmera. Se isto não for feito, o aluno sentirá como se estivesse assistindo a uma televisão passivamente e não participando de uma aula. Considere a câmera como um dos alunos da sala.

- Mostre interesse por todos os participantes - Dirija-se ao estudante pelo nome e/ou lugar. Lembre-se que a maioria das pessoas permanecerá passiva, se não for indagada diretamente. Repita todas as perguntas ou comentário que algum estudante faça -para garantir que alunos de outros lugares possam ouvir -, não esquecendo que há um atraso natural do áudio em relação ao vídeo. Recomenda-se esperar o dobro do tempo normalmente necessário para uma resposta.
- Vista-se apropriadamente - Use roupas de cores sólidas em vez de estampas. Listas ou padrões complexos causam uma oscilação no foco da câmera, o que destrói a nitidez da foto. Prefira cores escuras e neutras.
- Mova-se e gesticule lenta e suavemente - Em um sistema de vídeo comprimido, não há como transmitir movimentos rápidos sem perda da qualidade da foto.
- Mantenha um posição adequada no centro da câmera - utilize uma regra empírica pela qual a posição deve ser tal, que o canto da tela fique entre o cotovelo e pulso de uma pessoa com os braços estirados.
- Seja mais do que uma cabeça falante - torne a sessão tão interativa quanto possível, não limitando-a à imagem de uma cabeça parada no meio da tela com apenas os lábios se mexendo.
- Fale com uma voz forte e clara - Use inflexão da voz e fale com o corpo. Continue um raciocínio até o fim, sem pausas, e nunca interrompa alguém falando.
- Use apoio audio-visual - utilize imagens, objetos, clips de áudio e vídeo da mesma maneira que você faria em uma sala convencional, com uma maior precaução em ao

formato da tela, ao tamanho das letras, ao tempo necessário para que todos visualizem gráficos, à autorização para utilização de materiais com direitos autorais garantidos, etc.

3.4 *Infovias de Educação (SECITECE)*^{2*1}

Trata-se de um projeto proposto pela Secretaria da Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará - SECITECE- e que envolve, além da própria SECITECE, a Universidade Estadual do Ceará - UECE, a Secretaria de Educação Básica do Estado do Ceará - SEDUC-, a Escola de Saúde Pública do Ceará - ESP- e a Universidade Federal do Ceará - UFC. O objetivo principal deste programa é dotar o Estado do Ceará de uma infraestrutura física e tecnológica que permita a realização de cursos profissionalizantes, de graduação, especialização e extensão, bem como seminários e palestras utilizando recursos de videoconferência.

A consecução desse Programa de Educação à Distância, voltado essencialmente a suprir as necessidades de capacitação do quadro de docentes da rede pública de ensino, exige a implantação de uma "Rede Estadual de Telecomunicação", capaz de trafegar dados, som e imagem.

A utilização da infra-estrutura de videoconferência pretendida não se restringirá somente ao ensino à distância, mas também poderá ser empregada por instituições públicas e privadas localizadas no Estado para Cursos, Seminários, Conferências, Palestras, como já manifestaram interesse nesse sentido o Banco do Nordeste, o Serviço de Apoio à Micro, Pequena e Média Empresa - SEBRAE/CE e diversas outras instituições.

Num programa de cursos à Distância, além da estrutura física (infolias, computadores e terminais de videoconferência) diversas ações Complementares devem ser desenvolvidas, como planejamento e gerenciamento dos cursos, a confecção do material didático, a instalação de um ambiente WEB, projeto de aulas no sistema de videoconferência, banco de dados e projeto de uma biblioteca virtual. Para tanto, serão desenvolvidas as seguintes ações Complementares:

- Consultoria por Instituições que tenham experiência comprovada em cursos dessa natureza.
- Licença de uso do material didático desenvolvido por Instituições competentes.
- Desenvolvimento e impressão de material didático.
- Instalação e treinamento de pessoal para implantação de um ambiente WEB.
- Convênio com as Instituições do Estado para concepção e execução dos cursos propostos.

Os cursos a serem oferecidos compreenderão momentos interativos diretos (através do uso de videoconferência e de "Chat" internet) e indiretos, através do correio eletrônico. As "aulas" de videoconferência deverão ser ministradas uma vez por semana para cada curso, em horário estipulado de acordo com o planejamento do curso, enquanto o correio eletrônico deverá estar permanentemente à disposição do aluno em cada um dos pontos de recepção.

O aluno contará também com material didático impresso, confeccionado exclusivamente

para o curso em questão, obedecendo a um projeto pedagógico desenvolvido para este fim.

Metodologia

A execução deste projeto compreende o desenvolvimento de três ações que, embora possam ser desenvolvidas independentemente, são imprescindíveis para o seu funcionamento. São elas: Implantação da Infra-Estrutura Física necessária; implantação da Infra-Estrutura Tecnológica; e Planejamento, Operacionalização e Capacitação de Equipes para implantação de Sistemas de Administração de Educação à distância. A seguir, detalharemos cada uma dessas ações.

Infra-Estrutura Física

Os equipamentos necessários ao programa foram adquiridos com recursos oriundos da FINEP. Entretanto, outros investimentos se fazem necessários, como a construção e ambientação das salas de videoconferência e montagem da rede de comunicação.

Infra-Estrutura Tecnológica

Para a execução deste programa faz-se necessária a implantação de uma Rede Estadual de Telecomunicações, compreendendo uma Rede de Dados e uma de Videoconferência. A Rede de Dados está dividida em dois segmentos, o da Capital e o do Interior, utilizando-se uma velocidade de conexão de 256 Kbps. Essa velocidade poderá ser revista com o aumento constatado da demanda e da disponibilidade dos meios de comunicação. O segmento da Capital compreenderá o INSOFT - Instituto do Software do Ceará, escolas públicas, as Universidades (UFC e UECE), o CFI - Centro de Formação

de Instrutores e a SECITECE. O segmento do Interior será composto pelos oito pontos que abrigarão as salas de videoconferência, os 05 CVT (Centros Vocacionais Tecnológicos) e 03 CENTEC (Centros de Ensino Tecnológico). Sua implantação é de vital importância para a interatividade (assíncrona) que se pretende em apoio aos programas de capacitação e treinamentos mencionados.

A Rede de Videoconferência prevista compreenderá uma sala especial, onde as conferências serão proferidas, e 08 salas de recepção. A sala especial será implantada na SECITECE, enquanto que as de recepção funcionarão nos CVT de Acaraú, Santa Quitéria, Iguatu, Jaguaribe e Crateús e CENTEC de Limoeiro do Norte, Sobral e Juazeiro do Norte.

A transmissão e a recepção se darão por fibras óticas e por satélite (VSAT), quando não for possível por via terrestre, a uma velocidade inicial de 256 kpbs.

O mapa a seguir mostra a localização dos pontos da rede prevista.

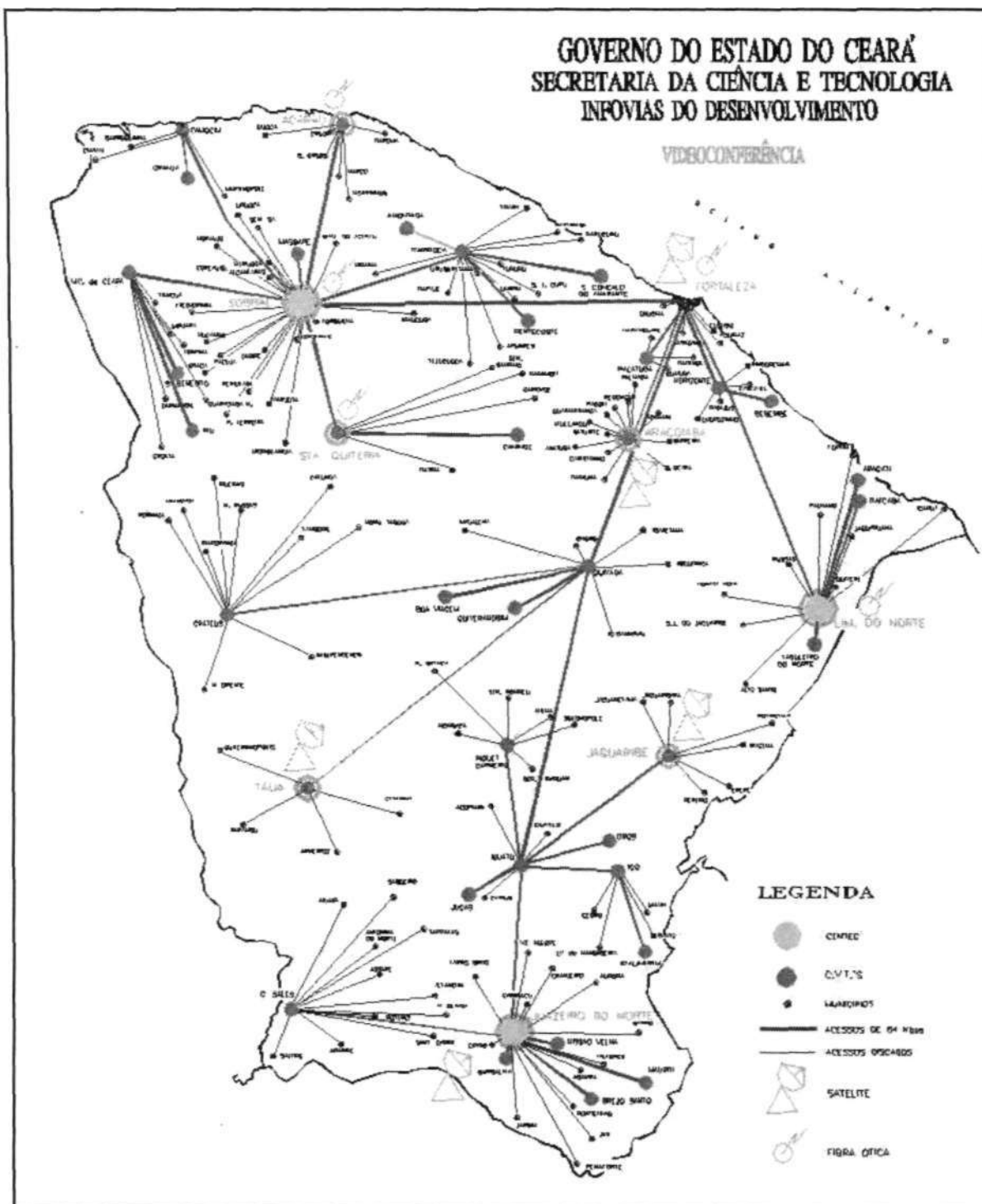


Figura 1: INFOVIAS DO DESENVOLVIMENTO

4. Tecnologias de Videoconferência

Se na educação de cunho geral os esquemas de interação a base de texto -mensagens eletrônicas, bate-papos, etc. - são suficientes, o mesmo não se pode afirmar em relação à educação profissional. Como veremos no capítulo 6, as peculiaridades do ensino técnico e tecnológico recomendam que um sistema de educação à distância eficiente voltado para a educação profissional ofereça recursos que façam uso das mídias isócronas áudio e vídeo. Nos esquemas de interação, a videoconferência se mostra um recurso particularmente útil, desde que se obedeçam algumas condições listadas neste capítulo.

Videoconferência é um caso particular da teleconferência. Esta compreende uma gama de possibilidades de comunicação em tempo real envolvendo transmissão e recepção de diversos tipos de mídia e a combinação delas ^[27]. De um modo geral, a videoconferência envolve a transmissão de áudio e vídeo em tempo real entre os vários participantes. Devido ao grande volume de dados gerados em pequenos intervalos de tempo, os recursos necessários para realizar essa tarefa são sempre superdimensionados, o que faz com que os custos sejam altíssimos. Até pouco tempo a videoconferência só era possível utilizando tecnologia analógica.

Recentemente, porém, com o aumento da largura de banda e da confiabilidade dos sistemas de comunicação públicos de dados, é que se tem podido pensar em implementar videoconferência em redes públicas, dando origem a um novo tipo de comunicação chamada Videoconferência Pessoal (*desktop videoconferencing*), caracterizada pelos

baixos custos dos equipamentos envolvidos e pela relativamente baixa demanda de largura de banda das aplicações.

Este capítulo comenta a tecnologia da Videoconferência Pessoal. Para tanto, descrevem-se as maneiras de se capturar, digitalizar, transmitir e receber vídeo e áudio. Visto que esse dado gerado exigiria larguras de banda enormes para ser transmitido, são necessários algoritmos de compressão e descompressão, que, também, aqui serão abordados. Claro que tudo isso deve acontecer em tempo real, sob pena de prejudicar a interatividade, fator absolutamente necessário na videoconferência.

4.1 ÁUDIO:

A frequência das ondas sonoras é medida em Hertz. Quanto menor a frequência, mais grave é o som e quanto maior, dizemos que o som é mais agudo. Em uma orquestra, por exemplo, sons graves são gerados por instrumentos como contrabaixo, contra-fagote e tuba enquanto que os sons mais agudos são emitidos por um violino ou pífano. Um ouvido humano bem treinado consegue perceber frequências entre 20 Hz e 20 kHz. Já a voz humana consegue produzir frequências entre 40 Hz (um baixo profundo) e 4 kHz (uma soprano). É importante ter consciência desses limites quando se for discutir codificação de áudio digital. Os sistemas de videoconferência pessoal são projetados para lidar com áudio na frequência da fala, o que, como se viu, significa uma largura de banda muito menor que a faixa de frequências captadas pelo ouvido humano.

O dado correspondente ao áudio digital é descrito usando três parâmetros: taxa de amostragem, número de bits por amostragem e número de canais, este último, normalmente, 1 para qualidade mono e 2 para estéreo^[29]

Taxa de amostragem: um sinal de áudio analógico tem valores de amplitude que variam continuamente com o tempo. Para digitalizar esse sinal, mede-se sua amplitude em intervalos regulares, processo esse que chamamos de *amostragem*. De acordo com a teoria de Nyquist de processamento de sinais, para representar-se fielmente um sinal com uma certa frequência, a taxa de amostragem deve ser, no mínimo, o dobro da mais alta frequência presente no sinal. Dessa maneira, a amostragem é dita sem perdas se o sinal original possa ser reconstituído a partir das amostragens.

Usando a teoria de Nyquist, a taxa de amostragem de 8 kHz é suficiente para capturar a faixa de frequência da voz humana (40 Hz a 4 kHz) e 40 kHz é uma taxa suficiente para capturar o espectro da audição humana (20 Hz a 20 kHz).

Número de bits por amostragem: Os valores amostrados que representam a amplitude do sinal no momento da amostragem são quantizados em um número discreto de níveis. Esse número depende de quantos bits são utilizados para armazenar o valor amostrado. Para o áudio digital, essa precisão geralmente varia de 8 a 16 bits por amostra, que correspondem, respectivamente, a 256 e 65.536 níveis. A quantização induz um erro nos dados, pois é impossível representar um número infinito de valores de amplitude com um número finito de incrementos .

4.1.1 Áudio no Sistema Digital:

Dois são os problemas principais a serem resolvidos quando se resolve enviar som por um sistema de comunicação digital: a largura de banda limitada e o descompromisso com a exigência de temporização do tráfego isócrono por parte de alguns sistemas, dando origem a latências e jitters, conceitos estes definidos adiante. O primeiro problema é resolvido por esquemas de compressão que reduzem significativamente a quantidade de dados lançados na rede e será visto logo em seguida. Já o problema da temporização depende em grande parte do protocolo de comunicação empregado e do próprio meio físico, ou, fazendo referência ao modelo OSI/ISO, depende do que haja nas camadas 1,2 e 3. As principais conseqüências de uma temporização deficiente - latência e jitter- serão expostos logo a seguir, mas somente na seção seguinte, quando falaremos da Internet e da solução particular do TCP/IP, abordaremos as maneiras de se contornar este problema.

O problema da largura de banda

Como visto, o principal problema a ser resolvido pelo programa de videoconferência em relação à mídia áudio é o da compressão do tráfego gerado por esta mídia e que vem a ser um fator determinante para o sucesso da videoconferência devido à restrita largura de banda disponível em redes públicas. Quando se está confinado a uma rede local, esse problema não chega a preocupar, pois a maioria das LANs consegue transmitir a taxas da ordem de milhões de bytes por segundo. Quando, no entanto, se deixa o conforto da rede local para se aventurar na Internet, em que poucos usuários têm conexão superior a 64kbps - na realidade, a maioria usa modems que operam a 28,8kbps ou 56 kbps-, um esquema de compressão eficiente pode ser a diferença entre uma boa ou uma precária comunicação - ou às vezes nenhuma comunicação.

Por exemplo, para se transmitir um sinal de áudio de baixa qualidade (4kHz) sem compressão, necessita-se de uma taxa de 64kbps (na modulação PCM). Para uma comunicação serial assíncrona, a taxa de dados em bytes por segundo é um décimo da velocidade em bits por segundo - contando com o Start bit e o stop bit. Assim, fica claro que mesmo uma linha de 64 kbps não consegue transportar som de baixa qualidade - 8.000 amostras por segundo- sem a devida compressão.

Em 1996, um grupo de profissionais iniciou o trabalho de adaptação de esquemas de codificação perceptivos de áudio para a Internet, aproveitando um trabalho que já havia sido iniciado em áreas como áudio digital (Minidiscos da Sony) e transmissão de televisão (sistema de satélite DirectTV). Foi assim que foram desenvolvidos algoritmos como o AC-3 da Dolby e o MPEG Audio layer 3, usados por produtos como o Netshow,

ShockWave e RealAudio.

Embora os algoritmos perceptivos representem uma evolução significativa em relação aos algoritmos antigos, os sinais de áudio com baixa taxa de bits gerados por tais algoritmos - necessários em ligações via modem - apresentam um desempenho sofrível nas frequências altas e nos níveis de ruído e distorção.

A baixa fidelidade do áudio na Internet, porém, não deveria surpreender ninguém: algoritmos compatíveis com conexões de modems de 28,8Kbps reduzem o dado gerado em 50 vezes ou mais, e isto não pode ser alcançado sem uma perda da qualidade do som. O padrão MPEG Layer 3, para uma qualidade comparável ao de um micro system, necessita de uma banda duas vezes maior, 56 kbps, ou mesmo de 128kbps, se se deseja uma qualidade de áudio similar à de um Compact Disc. Com o passar do tempo, no entanto, o aumento na velocidade das redes de longa distância e o aperfeiçoamento dos codecs de áudio permitirão que se tenha na Internet áudio com qualidade cada vez melhor e que farão o uso mais otimizado da largura de banda a seu dispor.

O problema da temporização

A largura de banda, que é a capacidade de lidar com volume de dados por segundo, não é o único requisito a ser satisfeito em uma comunicação. A **latência**, que representa o atraso imposto pelo *link* de comunicação, é igualmente importante em um trabalho colaborativo (como a videoconferência) porque ele afeta o fluxo natural de informação entre as pessoas. O efeito de uma alta latência é bem ilustrado por chamadas internacionais de telefones, via satélite, onde atrasos excessivos confundem os usuários.

Contudo a latência não é suficiente para caracterizar redes, já que o desempenho destas pode não ser constante, constituindo a latência, pois, apenas um atraso médio esperado. Portanto é necessário definir um parâmetro adicional para representar flutuações na latência, o qual chamaremos variação estatística de retardo ou, apenas, *jitter*. As figuras a seguir representam melhor esta definição:

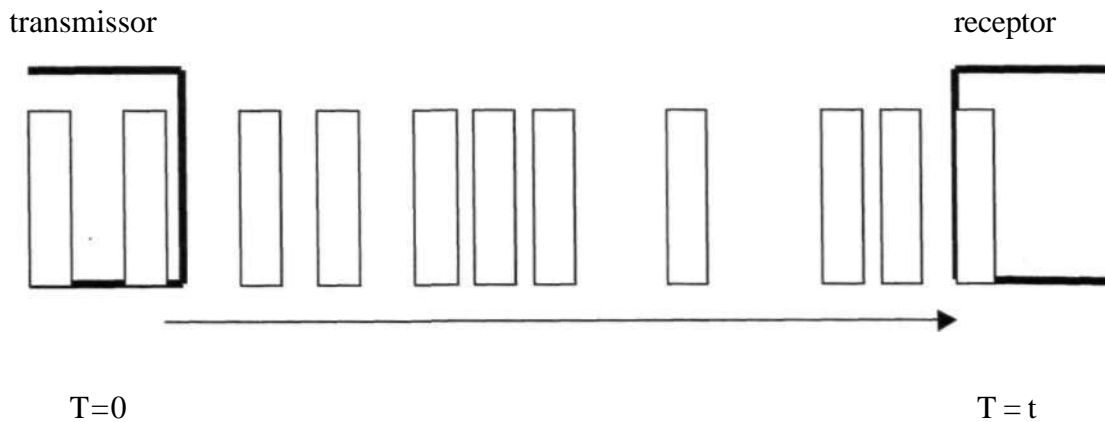


Figura 2: empilhamento de dados durante a transmissão

A figura 2 ilustra o fato de que os pacotes, embora transmitidos a taxas constantes, podem chegar no receptor a taxas irregulares. Já a figura 3, abaixo, representa essa irregularidade em forma de gráfico, que mostra que a latência é a média dos atrasos e *jitter* representa essa variação de atrasos.

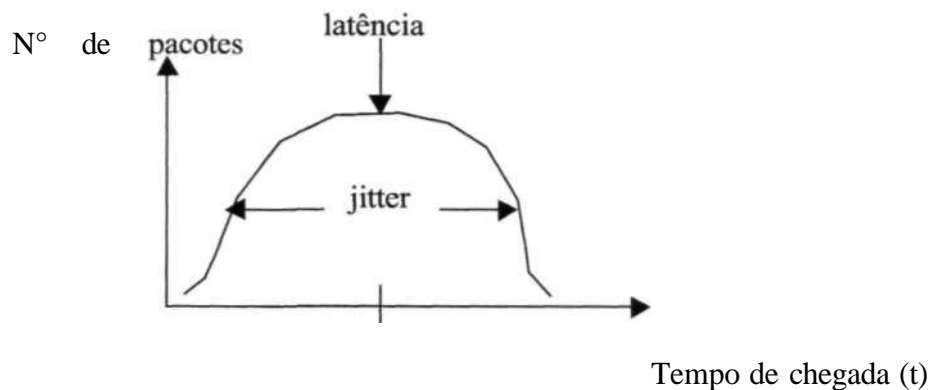


Figura 3: relação entre latência e *jitter*

Os *streams* de dados multimídia apresentam freqüentemente dependências temporais críticas de uns em relação aos outros. Um exemplo é a sincronização dos *streams* de áudio e vídeo associado a um locutor: o vídeo dos lábios se movendo possuem uma relação no tempo crítica com o áudio resultante. Outro exemplo é a sincronização necessária entre o áudio explicativo dos detalhes de uma figura e a seta percorrendo essa mesma figura. Para medir a diferença entre os tempos de apresentação de objetos que deveriam estar sincronizados definimos outro parâmetro: o *skew*. A figura abaixo ilustra este caso.

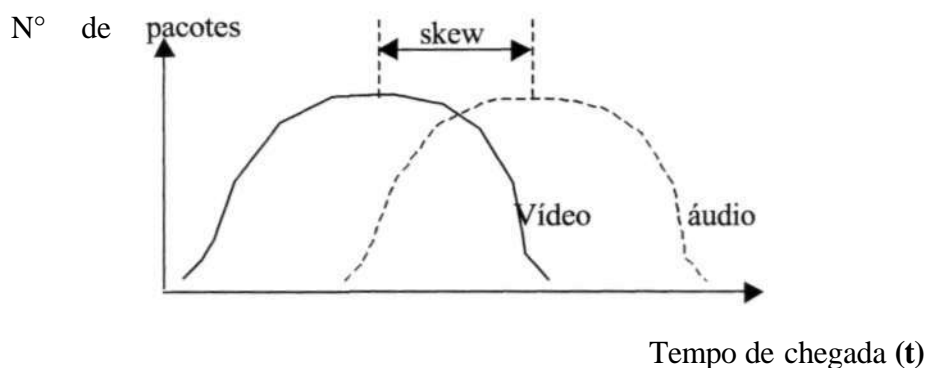


Figura 4: ilustração do *skew* entre mídias áudio e vídeo

A latência de vídeo parece ser menos crítica do que a de áudio. A sincronização dos lábios é muito importante e é interessante notar que o cérebro é menos tolerante em relação a um áudio que chega antes do que a um que chega após o vídeo. Isto se deve ao fato de que normalmente o áudio ocorre frações de segundo mais tarde, já que o som viaja mais lento do que a luz.

4.1.2 Algoritmos de Compressão de Áudio Padrões de Mercado

Diferentes programas de transmissão de áudio empregam vários esquemas de compressão, alguns dos quais são proprietários e outros são recomendados por diferentes organizações internacionais de padronização. Como exemplo, podemos citar o padrão de áudio mais antigo, o PCM, que é descrito na recomendação G.711, descrita mais adiante, do International Telecommunication Union (ITU). Os esquemas de compressão listados a seguir são referendados por organizações como ITU e ISO, além de serem implementados em vários aplicativos diferentes, o que torna possível a comunicação entre usuários de tais programas.

GSM:

O algoritmo GSM (Global System Mobile) é usado na telefonia celular para reduzir os dados em um fator de quase cinco com pouca degradação de qualidade. Um programa que ofereça essa compressão reduz a taxa de dado de 8000 bytes por segundo para 1650 bytes por segundo, o que o tornaria compatível com uma conexão de modem a 28.8 Kbps (na realidade, ele comprime 160 amostras de 13 bits cada, ou seja, 2080 bits, em apenas 260 bits, o que equivale a uma compressão de $8:1$)³⁰.

A desvantagem é que a codificação GSM é um processo um tanto complicado e, se o computador não é rápido o suficiente, ele não será capaz de acompanhar a velocidade com que o áudio chegará. Assim, o que se ganhou com a redução da largura-de-banda necessária deve ser compensado por uma CPU mais veloz.

ADPCM:

A compressão ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation - recomendação G.726 do ITU) reduz pela metade a taxa de dados, gerando, portanto, um fluxo de 4.000 bytes por segundo. Este esquema requer muito menos poder de processamento que o GSM. Assim, ele é a melhor escolha se o computador é muito lento para o GSM e se esta taxa de compressão (1:2) é adequada ao link.

LPC:

Já a compressão LPC (Linear Predictive Coding - recomendado pelo US DoD e NATO) chega a reduzir a taxa de dados por um fator acima de 12. Ele oferece, assim, um dos maiores graus de compressão, mas, como o GSM, requer um poder computacional considerável. Este algoritmo executa muitos cálculos em ponto flutuante; portanto, se a máquina não possuir um co-processador matemático, ela certamente não conseguirá fazer a compressão e descompressão em tempo real. Outra característica é que este esquema de compressão é extremamente sensível a ruídos de alta frequência ou nível de entrada do sinal muito alto. Devido a estas e outras restrições, o LPC é um opção a ser utilizada somente quando outros esquemas falham - no caso de larguras de banda realmente estreitas.

CELP:

O padrão CELP (Code Exited Linear Predictor) compara a voz com um modelo analítico do trato vocal e computa os erros entre a fala original e o modelo e, então, transmite tanto os parâmetros do modelo como uma representação extremamente comprimida dos erros

(esta representação é, na realidade, um índice de "livro de código" compartilhado pelo codificador e decodificador). Com esse esquema de compressão, pode-se obter uma qualidade de áudio compatível com um stream de 32 kbps do ADPCM utilizando uma taxa de apenas 4,8 kbps.

A tabela abaixo mostra uma comparação de alguns codecs de áudio descritos em relação à utilização da CPU (em %) e de largura de banda necessária para a recepção dos respectivos *streams*. Esta tabela foi elaborada por Alfano³¹, que utilizou o software de audioconferência na Internet *vat* (Visual Audio Tool), do Lawrence Berkeley National Laboratory, rodando em uma estação Sparc5 da Sun.

Compressão	%CPU	Largura de Banda (kbps)
PCM	< 1	68
DVI	~1	38
GSM	~26	15
LPC	~11	7

Tabela 2: codecs de áudio: utilização da CPU e largura de banda

4.1.3 Padrões ISO para áudio digital

Recomendação G.711

O padrão G.711 é a codificação básica de áudio digital da telefonia. A faixa de frequências disponíveis nas linhas de telefone vai de 300Hz a 3.400Hz. Tal limitação, que corta as frequências mais altas, é responsável pela baixa qualidade de áudio do sistema telefônico, mas é uma direta consequência do projeto existente das redes de telefonia. Da perspectiva do projeto de rede, a largura de banda compreende a escala 0 - 4.000Hz, permitindo, portanto, uma margem de segurança quando *streams* de áudio forem multiplexados juntos. A taxa de amostragem usada é 8.000Hz.

Experimentos mostram que 12 bits são necessários para gerar uma representação da fala aceitável; porém, foi descoberto também que o ouvido humano é muito mais tolerante a distorções em altos volumes do que em baixos. Isto pode ser explorado ao se utilizar uma função de tradução não-linear de amplitude para a representação digital, o que resulta na necessidade de apenas oito bits por amostra. Ver figura 5, abaixo.

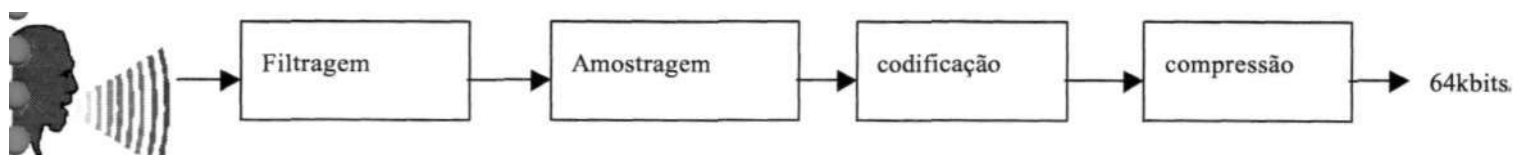


Figura 5: Padrão G.711

Esta transformação é aproximadamente logarítmica; ela não pode ser exatamente logarítmica porque os logaritmos de números menores que 1 são negativos e a transformação deve apresentar um valor zero para amplitude zero. Infelizmente existem

duas funções de transformação não-linear: nos EEUU utiliza-se o μ -law e na Europa, um esquema ligeiramente diferente chamado A-law. Ambas funções usam o primeiro bit de código para indicar a polaridade da amostra, mas o A-law inverte bits alternados para evitar seqüências de zero, enquanto que o μ -law inverte todos os bits, pela mesma razão.

A combinação de 8.000 amostras por segundo a 8 bits/amostra resulta em 64kbts/s, padrão de *stream* de áudio PCM.

Recomendação G.722

A intenção do padrão G.722 era possibilitar uma fala de alta qualidade em uma largura de banda de 64kbts/s. A fala humana contém muito pouca energia acima da frequência de 7kHz e, de acordo com o padrão, é amostrada a 16kHz e então digitalizada a 14bits/amostra, gerando uma largura de banda de 224kbts/s. O *stream* digital é filtrado em duas bandas, uma para a faixa 50 Hz- 4kHz e outra para a faixa 4 - 7kHz.

Cada banda é então sub-amostrada de sua largura de banda de 16kHz para 8kHz - as duas banda são então codificadas usando a técnica ADPCM, alocando-se 6bits para a banda de baixa frequência (onde está a maior parte da energia) e 2 bits para a banda de alta frequência. Os dois *streams* são posteriormente multiplexados para produzir uma taxa composta de 64kbts/s.

Recomendação G.728

A recomendação G.728 do ITU-T define um método de codificação da fala que usa uma técnica conhecida como predição linear excitada de baixo atraso. O resultado é um *stream* de dados que ocupa apenas 16kbts/s.

4.2 VÍDEO

Vídeo é uma seqüência de imagens paradas, que, apresentadas a uma taxa suficientemente rápida, causam a impressão de movimento contínuo. Por exemplo, no cinema, os quadros se sucedem 24 vezes por segundo, enquanto que na televisão essa taxa sobe para 25 (sistema PAL, adotado no Brasil) ou mesmo 30 (sistema NTSC americano).

Nos parágrafos seguintes aborda-se a teoria relacionada ao vídeo além de problemas e limitações que surgem ao se tentar transmitir vídeo em um sistema digital de comunicação bem como algumas soluções utilizadas para contornar tais limitações.

4.2.1 Largura de Banda na Transmissão de Vídeo:

A largura de banda constitui o principal fator limitante de uma sessão de videoconferência. Para melhor compreender essa afirmação, observe a figura abaixo:



Figura 6 :formato GIF

Ela possui 320x240 pixels e, portanto, ocupa apenas uma porção mínima de um monitor com a resolução de 1024x768 (aproximadamente 1/10 da tela). Considerando que temos uma paleta de apenas 256 cores, cada pixel corresponderá a um byte a ser transmitido. Desta maneira, a figura ocupará um espaço total de 320 x 240 bytes, ou seja, 76,8 kilobytes. Considerando que numa transmissão serial um byte é equivalente a 10 bits (incluindo o Start bit e o stop bit), a mesma figura possui 768.000 bits a serem transmitidos pelo meio de comunicação. Se este meio for uma linha discada que utiliza um modem analógico padrão V.34 (28.800 bits por segundo), conclui-se que seriam necessários quase 27 segundos para transmitir uma única figura, se nenhum esquema de compressão for utilizado.

Se, no entanto, quisermos transmitir vídeo, ou seja, vários quadros por segundo, chegamos rapidamente à conclusão que em tais condições é absolutamente impossível. Considere-se, por exemplo, a qualidade de uma imagem de TV, composta de 30 quadros por segundo, que é aproximadamente o dobro da taxa necessária para que o olho humano perceba essa seqüência de quadros como um movimento contínuo. Isto quer dizer que deveríamos transmitir trinta figuras acima em apenas um segundo, ou, para ser mais exato, necessitaríamos de uma largura de banda de 2.304.000 bytes/s (aproximadamente 2,3 MB/s).

Para ilustrar essa afirmação, compare-se esse número com outras taxas típicas de transferência de dados:

- Equivale a 27% da taxa máxima de transferência do barramento ISA do PC, nominalmente, 8,33 MHz, mas, na realidade, se considerarmos a disputa pelo

barramento, significativamente menor (ver tabela abaixo).

- Em uma típica rede ethernet, que apresenta uma taxa máxima de transferência de 10Mbps (megabits por segundo), seria impossível uma transmissão a essa taxa (aproximadamente $10 \times 2,3 \text{ MBps} = 23\text{Mbps}$).
- A taxa de transmissão de uma interface IDE vai de 1 a 3 Mbytes/s (estas interfaces são normalmente utilizadas com discos de baixo desempenho, que transferem dados a velocidades não superiores a 5Mbits/s.)
- A taxa de transmissão de um barramento local (*local bus*) é de pouco mais de 100 Mbytes/s (aproximadamente 107 Mbytes/s para o VESA e 133Mbytes/s para o PCI).

A tabela abaixo apresenta a máxima taxa de transferência teórica e real dos vários tipos de barramentos existentes nos PCs.

	ISA	PCMCIA	EISA	MCA	PCI
Largura de Banda (teórica)	66Mbps	66Mbps	264Mbps	320Mbps	1056Mbps
Largura de Banda (real) ⁸	10-25 Mbps	10-20 Mbps	64Mbps	80Mbps	264Mbps

Tabela 3: Máxima taxa de transferência dos diferentes barramentos do PC

Com isso, fica claro que a largura de banda é o maior "gargalo" da videoconferência.

*Obtido por meio de testes de desempenho em barramentos com múltiplos adaptadores tais como SCSI, IDE e VGA. *Fonte: site da 3COM.*

Para resolver esse problema, há duas maneiras possíveis: aumentar a banda ou comprimir o vídeo. Como a primeira solução normalmente implica em gastos acima das possibilidades da maioria dos usuários, escolhe-se, via de regra, a segunda opção (embora qualquer aumento na largura de banda seja extremamente bem-vindo).

4.2.2 Compressão com perda e sem perda:

O desempenho de um esquema de compressão é enormemente caracterizado pela taxa de compressão. Há basicamente dois tipos de algoritmos de compressão: sem perda e com perda. Pelo primeiro, quando o algoritmo é aplicado ao dado, comprimindo-o e descomprimindo-o posteriormente, o dado ressurgue intacto novamente. Este algoritmo é utilizado em figuras do tipo GIF e em arquivos ZIP. No caso de um arquivo, qualquer perda é inaceitável, mas, quando se trata de vídeo, nem sempre uma transmissão sem perdas é necessária. Abaixo, tem-se uma seqüência de 6 fotos no formato JPEG, padrão definido adiante, que melhor ilustra o algoritmo de compressão com perdas:



Qualidade: 90 Arquivo: 34 KB



Qualidade: 75 Arquivo: 19 KB



Qualidade: 60 Arquivo:9 KB



Qualidade: 45 Arquivo:8 KB



Qualidade: 30 Arquivo: 6 KB



Qualidade: 20 Arquivo: 5 KB

Figura 7: formato JPEG (qualidades variando de 90 a 20)

Trata-se da mesma figura mostrada anteriormente no formato GEF - portanto, sem perda - e que ocupava 51 Kbytes. O padrão JPEG permite ao usuário especificar a quantidade de perda da compressão e expressa o resultado final em termos de "qualidade". Nota-se pelas figuras acima que o tamanho do arquivo diminui enormemente à medida que a qualidade cai.

Será que alguém consegue notar a diferença entre as figuras acima? Possivelmente não. No entanto, a taxa de compressão entre a última (Qualidade 20) e a foto no formato GIF é de 10:1 ! Na realidade, a não ser que se opte por compressões de qualidade 15 ou abaixo, onde a figura começa a ficar deformada, não fará muita diferença para o olho humano se forem transmitidas, por segundo, 20 figuras JPEG de qualidade 20 em vez de 30 figuras sem compressão. Por outro lado, a largura de banda necessária para se efetuar a primeira transmissão é de "apenas" 100 Kbytes/s contra os 2,3 Mbytes/s originais. Ainda continua alta para padrões de WANs, mas, em uma rede local, essa taxa de transmissão é perfeitamente suportável.

Some-se isso ao fato de que algoritmos de compressão de vídeo podem lançar mão de outras técnicas além dessas utilizadas pelos algoritmos de compressão de imagem, tal como a não necessidade de se transmitir o quadro por inteiro - visto que normalmente um quadro guarda muita semelhança com o que foi transmitido antes dele -, as taxas de transmissão de vídeo podem cair ainda mais. Adiante descrevem-se com detalhes esses algoritmos.

Certamente o problema do "gargalo" não desapareceu. Ele apenas foi transferido do sistema de comunicação para outro lugar. O fato é que um algoritmo de decompressão com

uma taxa tão elevada quanto 10:1 demanda tempo para ser executado. Na realidade, para executar essa compressão e ainda manter uma taxa de quadros por segundo significativa é necessário um dispositivo nem sempre barato: o CODEC. No entanto, a tendência é de queda do preço desses equipamentos, já que alguns CODECS estão sendo implementados em chips VLSI em alguns equipamentos comerciais. Outra opção seria fazer a compressão por meio de software, mas aí seria a CPU que pagaria o preço.

4.2.3 Transmissão de vídeo

Quanto à maneira de se transmitir vídeo, há basicamente duas formas: por pacote e isocronamente. Na primeira, o vídeo viaja pelo meio, entra no adaptador de rede, cruza o barramento do computador, a pilha de protocolo - através de sua API - , passa pela aplicação de vídeo até chegar à tela em forma de mapa de bits. É esta a forma com a qual a maioria dos usuários de PC estão acostumados.

Já o vídeo isócrona, por ser um fluxo de bits constante, não é manipulado desta maneira. Embora dados isócronos a baixa velocidade possam ser tratados como pacotes - pois o sistema pode ser rápido o bastante para tratar o fluxo sem interrupção -, a velocidade maiores certamente resultaria em perda de sincronização de bits. Neste caso, o fluxo de vídeo deve ir diretamente do meio para o adaptador do monitor de vídeo passando somente por um circuito de desvio especialmente construído para esse propósito. Infelizmente poucos fabricantes de adaptadores de rede levam essa questão em consideração. Vendedores de adaptadores ATM, por exemplo, inundaram o mercado com placas que fornecem serviços de classe A (emulação de circuito isócrona), mas nem todos inseriram esse circuito de desvio, que encurtaria o caminho percorrido pelo fluxo

isócrono além de aliviar enormemente a CPU desse processamento extra. O processo de "desvio" de vídeo (video shunting) requer que câmera e conexão de desvio trabalhem em paralelo para criar um formato de vídeo que possa ser apresentado diretamente, sem processamento, ou concordem em um padrão que possa ser prontamente decodificado - que bem poderia ser o padrão H.320.

4.2.4 Tecnologias de Compressão de Vídeo

Existem atualmente vários Codecs de vídeo no mercado. No entanto, eles utilizam basicamente uma das seguintes tecnologias ou uma combinação delas:

Técnica utilizada	Implementações comerciais
<ul style="list-style-type: none"> • Codificação do comprimento de seqüência 	<ul style="list-style-type: none"> • MRLE
<ul style="list-style-type: none"> • Quantização vetorial: 	<ul style="list-style-type: none"> • Indeo 3.2 • Cinepak
<ul style="list-style-type: none"> • Transformada Discreta de Cosseno (DCT) 	<ul style="list-style-type: none"> • MPEG I e MPEG II • H.261 e H.263
<ul style="list-style-type: none"> • Fractal 	<ul style="list-style-type: none"> • Iterated Systems
<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de Sub-banda (das quais a baseada em Transformada por Wavelet é a mais comum) 	<ul style="list-style-type: none"> • VDOnet • Vxtreme
<ul style="list-style-type: none"> • Método de enquadramento de superfície (SFM) 	<ul style="list-style-type: none"> • CrystalNet
<ul style="list-style-type: none"> • Diferenciação de quadro 	<ul style="list-style-type: none"> • CinePak
<ul style="list-style-type: none"> • Compensação de movimento 	<ul style="list-style-type: none"> • VDOWave • VxTreme • MPEG-1,2 e 4 • H.261, H.263, H.263+

Tabela 4: codecs de vídeo existentes no mercado

Os padrões atuais de videoconferência requerem a tecnologia DCT, mas permitem a inclusão de codecs alternativos. Estruturas de controle existentes nesse padrão permitem a seleção de codificadores quando codecs não-DCT são utilizados, o que significa que wavelets, fractais e SFM podem ser oferecidos em aplicações que obedecem ao padrão H.324 ou serem utilizados independentemente.

A seguir vem uma análise de algumas dessas técnicas de compressão e, logo após, descrevem-se os codecs mais comuns atualmente.

Codificação de Comprimento de Seqüência (Run Length Encoding)

O codec MRLE da Microsoft é um exemplo. Não é muito eficiente sozinho, sendo utilizado juntamente com os algoritmos baseados na técnica DCT para para codificar os blocos. Essa técnica codifica uma seqüência de pixels consecutivos da mesma cor na forma de um único código. Por exemplo, a seqüência de pixels:

77 77 77 77 77 77 77 77

poderia ser codificada como:

8 77 (para oito 77s)

Este método funciona bem para imagens de duas cores (textos ou gráficos preto e branco, p. ex.) mas não para true color, por exemplo.

Quantização Vetorial (Vector Quantization)

A idéia básica por trás desse método é a divisão da imagem em blocos (4 x 4, por exemplo). Normalmente alguns blocos são similares aos blocos adjacentes. Assim, o

codificador identifica uma classe de blocos semelhantes e os substitui por um bloco genérico representativo. O codificador então gera uma tabela que mapeia curtos códigos binários nesses "blocos genéricos". Quanto mais curto o código binário, mais comum é a classe que ele representa.

O decodificador usa a tabela para formar uma imagem aproximada formada pelos "blocos genéricos". Note que essa técnica se dá inerentemente com perdas, pois um bloco genérico é apenas uma aproximação "suficientemente" boa do bloco original.

O processo de codificação é lento e computacionalmente intenso pois é necessário acumular estatísticas sobre a frequência de blocos e calcular a similaridade entre blocos para se construir a tabela. Já a decodificação é rápida pois é apenas uma consulta à tabela. Quanto menor a tabela, maior e mais rápida se dá a compressão, à custa, porém, da qualidade final da imagem.

Um exemplo simples:

Considere o bloco a seguir, de 4 X 4 pixels. Cada pixel tem um valor de 0 a 255

(Bloco 1)	(Bloco 2)	(Bloco 3)
128 128 128 128	128 127 128 128	128 127 126 128
128 128 128 128	128 128 128 128	128 128 128 128
128 128 128 128	128 128 127 128	127 128 128 128
128 128 128 128	128 128 128 128	128 128 128 128

Na prática, os blocos têm a mesma aparência para o olho humano. O segundo e o terceiro bloco poderiam ser substituídos seguramente pelo primeiro. Somente isto, porém, não comprime a imagem. Contudo, o bloco 1 poderia ser representado por um índice em uma tabela de blocos de 4 X 4. Este índice, por exemplo, poderia ser 1.

```
Tabela[1]=  128 128 128 128
           128 128 128 128
           128 128 128 128
           128 128 128 128
```

A imagem original poderia ser convertida em uma tabela e uma série de índices da tabela, gerando uma compressão significativa. Em vídeo, a mesma tabela poderia ser usada para muitos quadros e não apenas um.

Transformada Discreta do Cosseno (Discrete Cosine Transform)

Esta técnica é amplamente utilizada para compressão de imagens. Padrões como MJPEG, H.261 e H.263 usam o DCT. Nestes padrões é aplicado o DCT bi-dimensional em blocos de 8x8 pixels. Os 64 coeficientes resultantes são quantizados para produzir a compressão. Em imagens típicas, a maioria desses coeficientes são pequenos e tornam-se zero após a quantização. Além disso, o olho humano é menos sensível aos componentes de alta frequência da imagem (representados por grandes coeficientes DCT). Assim, um fator de quantização maior é utilizado para coeficientes DCT de frequências mais altas.

A esses coeficientes aplica-se, então, a codificação de comprimento de seqüência (RLE) resultando em códigos de tamanho variável que indicam o número de coeficientes nulos seguidos por coeficientes não-nulos. Códigos de comprimento menor (p. ex. 0110) são

usados para combinações comuns de coeficientes nulos e não-nulos. Variáveis mais longas (p. ex. 00000000011011) seriam usadas para combinações menos frequentes.

O algoritmo DCT é aplicado a um bloco de N amostras gerando uma matriz NxN cujas linhas são as seguintes funções:

$$\text{DCT}(m,n) = \sqrt{(1 - \delta(m,1)) / N} * \cos(\pi/N * (n - 1/2) * (m-1))$$

Onde,

DCT(m,n) é uma matriz DCT unidimensional

$m, n = 1, \dots, N$

$\pi = 3.14159267$

N = número de amostras no bloco

$\delta(m,1) = 1$, se $m \text{ é } 1$

0, caso contrário

$\cos(x) = \text{cosseno de } x \text{ (radianos)}$

Diferenciação de Quadros (Frame Differencing)

Este algoritmo explora o fato de que há pouca diferença entre quadros sucessivos de um vídeo. Por exemplo, no vídeo de uma pessoa falando, apenas a boca varia entre quadros sucessivos. Na diferenciação de quadros, o método de compressão de imagem parada (tal como o DCT) é aplicada apenas à diferença entre quadros sucessivos.

Frequentemente utiliza-se quadros-chave (key frames), que são apenas quadros comprimidos sem referência a quadros anteriores, de modo a evitar que erros se acumulem, principalmente se o esquema de compressão for com perdas (como o Quantização de Vetores).

Compensação de Movimento (Motion Compensation)

Usados pela maioria dos CODECs, tais como ClearVideo (RealVideo), o Fractal da Iterated Systems, o VDOWave, o VxTreme, MPEG-1,2, and 4 e os padrões internacionais H.261, H.263 e H.263+. Permite uma compressão superior à que se consegue com o algoritmo de diferenciação de quadros, porém, à custa de um esforço computacional maior (muitas vezes é necessário hardware dedicado para se gerar vídeo em tempo real).

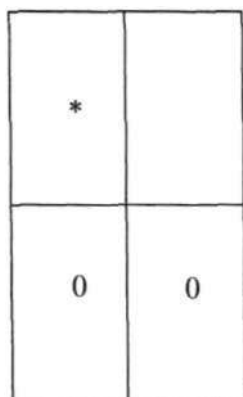
Uma maneira de comprimir satisfatoriamente uma figura em movimento consiste em dividir a imagem em blocos e elaborar um chamado *vetor de movimento*. A compensação de movimento utiliza o fato de que um dado quadro é muito provavelmente similar ao que o precedeu. Portanto, essa técnica só é válida para cenas que não apresentam muita ação.

EXEMPLO ILUSTRATIVO ^[53]:

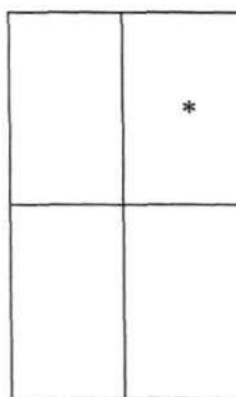
Podemos ilustrar o algoritmo utilizando estes dois quadros formados de quatro blocos cada. O quadro da esquerda representa o dado a ser codificado e o da direita o quadro previamente codificado que vai servir de referência.

Região Prevista

(quadro corrente sendo codificado)

**Região de referência**

(Quadro previamente decodificado)

**Figura 8: compensação de movimento**

O asterisco (*) representa um ponto se deslocando na cena da direita para a esquerda.

Os quatro blocos estão associados aos vetores de movimento (4, -4, 0 e 0). O bloco superior da esquerda se assemelha ao bloco superior da direita da região de referência (onde o ponto se encontrava). O bloco superior direito parece com o bloco superior esquerdo da região de referência. Os blocos inferiores permaneceram inalterados. Neste exemplo, a região pode ser decodificado utilizando apenas os vetores de movimento. No, no caso mais geral, pode existir um erro entre o quadro previsto - utilizando somente vetores de movimento - e o quadro real. Este erro, neste caso, deverá ser codificado utilizando esquemas de compressão para imagens paradas, como, por exemplo, o DCT.

Wavelet

Trata-se de um algoritmo de compressão que gera amostras de vídeo baseado na frequência. Isto cria uma série de bandas de frequência que representam o dado em vários níveis de detalhamento visual. A imagem é então recuperada quando se combinam

bandas amostradas em baixas, médias e altas frequências.

A transformada *wavelet* reduz a informação contida em um sinal a valores médios e diferenças de pixels adjacentes em níveis discretos de frequência. Em uma imagem, a informação presente em áreas de cores constantes é reduzida a um componente que representa a média enquanto que os componentes que representam as diferenças são próximo a zero (que bem poderiam ser descartados, gerando, assim, a compressão).

Outra maneira de se entender o funcionamento da transformada *wavelet*, é imaginar a divisão de um dado quadro de vídeo em múltiplas camadas, cada qual fornecendo detalhes adicionais (e qualidade, conseqüentemente) da figura. Dessa maneira, o fator de compressão define o número de camadas a ser transmitidas. Se existe largura de banda suficiente, todas as camadas são transmitidas e a qualidade do vídeo é otimizada. Se a largura de banda for estreita, porém, menos camadas são transmitidas, degradando a qualidade do vídeo, mas preservando sua fluidez.

4.2.5 Codecs Comerciais

Os primeiros esquemas de compressão de vídeo foram desenvolvidos para ser utilizados na reprodução a partir de discos rígidos e CD-ROMs. Embora sejam também possível transferi-los de uma máquina remota para o disco rígido local e reproduzi-los posteriormente, esses formatos pioneiros (Indeo, CinePack, MPEG, etc.) não são adequados para aplicações de tempo real, pois não apresentam mecanismos de resincronização das mídias vídeo e áudio se algum dado se perder durante a transmissão.

Existem muitos algoritmos de compressão. Como veremos adiante, a organização

ITU/CCITT criou um padrão internacional chamado H.261, bastante eficiente, mas que requer um esforço computacional intenso para a CPU de um PC, por exemplo. Além disso ainda está longe das possibilidades de um modem analógico, visto que suas taxas são múltiplas de 64 Kbps.

Das várias aplicações disponíveis para videoconferência, algumas delas implementam o padrão de codificação H.261. Existem, no entanto, várias outras soluções, tais como o MJPEG, Intel Indeo, NSVideo, CinePak, CUSeeMe, H.263, etc.

Embora fugindo de um formalismo mais rigoroso, podem-se classificar esses codecs, de acordo com a necessidade de banda de cada um, em codecs que permitem sua utilização através de linhas telefônicas comuns (usando um modem padrão V.34) e codecs que exigem largura de banda maior. O próprio ITU - T (ver seção adiante sobre padrões de interoperabilidade) divide seus padrões de acordo com taxas de bits mínimas necessárias em *narrow-band bit rate* (produzem taxas superiores a 64 kbps) e *low bit rate* (produzem taxas inferiores a 64 kbps).

4.2.5.1 Padrões para largura de banda maior que 64 kbps (narrow-band bit rate)

MJPEG

Este é baseado no JPEG, padrão desenvolvido pelo Joint Photographic Experts Group e utiliza a transformada discreta do cosseno (DCT) para compressão do vídeo. Embora desenvolvido para imagens paradas, com hardware especial é possível codificar e decodificar seqüências de imagens JPEG em tempo real, dando origem ao MJPEG. Não

há diferenciação de quadros ou compensação de movimento. Isto o torna adequado para edição de quadros sem perda de qualidade das imagens mas não para distribuição de vídeo (normalmente, uma vez que o vídeo foi editado, ele é comprimido utilizando outros codecs com melhores taxas de compressão).

A sua situação como modelo de compressão de vídeo é bastante complicada já que não há um padrão industrial.

H.261

H.261 é um padrão internacional amplamente utilizado para videoconferência na faixa de 128Kbps a 384Kbps. Ele utiliza, como se viu, a técnica de compressão espacial denominada codificação DCT (Discrete Cosine Transform).

Trata-se de um método de codificação e decodificação de vídeo a taxas de $p \times 64$ kbits/s, onde p está na faixa de 1 a 30. Ele descreve a codificação da geração, multiplexação e transmissão de vídeo.

Este padrão foi elaborado para transportar vídeo em RDSI - particularmente para videofone e videoconferência. Videofone é menos exigente em relação à qualidade do vídeo e pode ser conseguido com $p=1$ ou 2 . Para aplicações de videoconferência (em que há mais de uma pessoa no campo de visão) a qualidade da imagem deve ser melhor e p será, no mínimo, igual a 6 .

O H.261 define dois formatos de quadros: o CIF (common Intermediate Format) tem 288 linhas de 352 pixels/linha de informação de luminância e 144 x 180 de crominância; e QCIF (quarter common Intermediate Information) que possui 144 linhas de 180 pixels de

luminância e 72 x 90 de crominância. A escolha de CIF ou QCIF depende da capacidade disponível do canal - por exemplo, QCEF é normalmente usado se $p > 3$.

O algoritmo real de codificação é similar - mas incompatível - ao MPEG. Outra diferença é que o H.261 necessita substancialmente menos poder da CPU para a codificação em tempo real do que o MPEG. O algoritmo inclui um mecanismo que otimiza a utilização da largura de banda ao contrabalançar movimento e qualidade de quadro, de modo que uma sucessão de quadros variando rapidamente redundará em uma qualidade de imagem pior do que uma imagem relativamente estática. Usado dessa maneira, o padrão H.261 é uma codificação a taxa de bit constante (constant-bit-rate) ao contrário do esquema de taxa de bits variável, em que a qualidade de vídeo é que é constante. Há ainda outros esquemas de taxa de bit constante, que, em vez de diminuir a qualidade da imagem à medida que a largura de banda disponível diminui, opta por não transmitir toda a imagem.

Cinepak

CinePak é o codec mais utilizado pelo padrão Video for Windows da Microsoft e o que possibilita uma reprodução de vídeo mais rápida em tal ambiente. Comparando-o ao codec Indeo 3.2, ele apresenta uma qualidade similar ou ligeiramente inferior, para a mesma taxa de compressão. Ele usa as técnicas de quantização de vetores e de diferenciação de quadros.

Existem pelo menos três implementações desse codec:

- CinePak da SuperMac (versão original de 16 bits)

- CinePak da Radius (nova versão de 16 bits)
- CinePak[32] da Radius (versão de 32 bits incluído no Windows95)

4.2.5.2 Padrões para Largura de banda menor que 64kbps (low bit rate)

Uma limitação que se torna particularmente importante quando se trabalha com vídeo é a largura de banda, conforme visto. Se, no entanto, quisermos estender o alcance de um sistema de videoconferência a uma rede de longa distância, como a Internet, por exemplo, à qual a grande maioria aos usuários se junta através de uma simples linha telefônica (POTS) a, no máximo, 33,6Kbits/s, veremos que a largura de banda se tornará o fator preponderante na transmissão. Certamente novas tecnologias virão para ajudar esses desafortunados usuários, como modems analógicos mais rápidos (o K56Flex e X2 da US Robotics), modems a cabo, ADSL, HDSL, sem falar na velha nova tecnologia RDSI tarifa básica (BRI). No entanto, hoje, tais opções ainda estão fora da realidade do usuário comum, ou porque ainda não estão disponíveis comercialmente, ou porque o preço ainda não está acessível. A videoconferência não pode esperar por um futuro, por mais próximo que esteja e deve oferecer opções para essa classe de usuários. Até lá, sugere-se a utilização de quadros menores (p. ex. 160x120 pixels) a taxas menores (p. ex. 10 a 15 quadros/s) e, principalmente, utilizar novos codecs, que apresentam desempenho muito melhores que seus antecessores.

A seguir listam-se alguns codecs mais modernos que comprimem os *streams* a níveis ainda melhores e sem um acréscimo significativo na utilização da CPU.

VDOWave

É mais um codec de vídeo baseado em *wavelet*. Contário a algoritmos como o MPEG, ele não dá ênfase à qualidade da figura estática. Assim, em conexões de largura de banda muito estreita - via modem, por exemplo -, em vez de transmitir menos quadros por segundo, ele prefere transmitir menos partes de cada quadro, degradando a qualidade do vídeo, mas preservando o movimento e minimizando interrupções no som.

Essa abordagem permite que o VDOWave utilize um único arquivo de alta largura de banda que sirva para diferentes tipos de conexões.

Indeo Video Interactive 5.0

Trata-se da nova versão do CODEC Indeo, da Intel, baseado em *wavelets*. É completamente diferente de seus antecessores Indeo 3.1 e Indeo 3.2, que utilizavam, como se viu, a técnica Quantização de Vetores para compressão de vídeo. Para informações mais detalhadas, o site <http://www.intel.com/pc-supply/multimed/indeo/index.htm> pode ser consultado.

H.263

Trata-se de outro padrão internacional e é baseado na codificação DCT e compensação de movimento, sendo esta o principal aperfeiçoamento em relação ao antecessor H.261. Foi concebido para larguras de banda estreitas.

Já está disponível em produtos comerciais como o NetShow da Microsoft e o VivoActive da Vivo Software Inc. Este último possui seu próprio formato de arquivo, com extensão

.VIV, que pode ser embutido em páginas HTML.

Compressão CUSeeMe⁹:

O primeiro passo na codificação do vídeo é representar a imagem utilizando 4 bits/pixel (16 tons de cinza). A imagem é então subdividida em quadrados de 8x8 pixels, que serão tratados como unidades independentes. Quando um novo quadro é capturado, um quadrado será somente se ele difere suficientemente da versão daquele quadrado que foi transmitido por último, isto é, se ele difere daquele que os receptores estão vendo na mesma hora (considerando que não houve perda de pacotes). O índice para determinar quão diferente um quadrado deve ser para justificar uma renovação é, *grosso modo*, a soma dos valores absolutos de todas as diferenças dos 64 pixels do quadrado, dando um peso maior às diferenças próximas de outras em um mesmo quadro. O ponto de disparo pode ser ajustado pelo controle "Tolerance" nos controles de "Compression" e deveria ser configurado tão alto quanto possível sem, no entanto, distorcer muito a figura.

Já que o CUSeeMe utiliza um mecanismo de transporte não-confiável (UDP), os quadros são enviados periodicamente mesmo se eles não mudarem, garantindo que um quadro extraviado não corrompa a figura indefinidamente. Através do controle "Refresh Rate", pode-se determinar a frequência dessa renovação forçada. Este controle especifica o número de quadros que serão permitidos passar antes que um quadrado seja renovado.

Esquema de compressão proprietário implementado pelo programa CU-SeeMe, sobre o qual falaremos adiante.

Uma vez que a decisão de transmitir um quadrado tenha sido tomada, um algoritmo de compressão sem perdas é aplicado para cada quadrado individualmente. O algoritmo foi elaborado para explorar redundâncias no espaço na direção vertical, isto é, ele trabalha bem se cada linha de um quadrado não for muito diferente da linha acima dele. Com base em observações informais, o algoritmo tem uma média de 60% de compressão (a quantidade de dado comprimido é aproximadamente 60% da quantidade original).

O principal objetivo ao elaborar esse algoritmo foi que ele fosse rápido o suficiente para operação em computadores Macintosh comuns. Isto é obtido trabalhando com linhas de 8 pixels de 4 bits como palavras de 32 bits em todo o algoritmo, conseguindo, assim, um grau de paralelismo de fato. Escrito em termos matemáticos, o algoritmo parece um tanto simples, mas torna-se atraente quando representado em linguagem assembly do 680x0.

4.2.6 Um alerta sobre os codecs de vídeo

Pode-se encontrar um número cada vez maior de codecs divulgado na Internet que conseguem taxas de compressão de até 2.000:1. Qual a verdade sobre esses números? Primeiro é necessário que se expliquem alguns artifícios utilizados pelos diversos fabricantes de codecs antes de se acreditar nas propagandas desses codecs.

O truque das relações de compressão

A maioria dos codecs trabalham com o formato de vídeo YUV (seja o YUV422, de 16 bits/pixel, seja o YUV411, de 12 bits/pixel) enquanto que as taxas divulgadas são em relação ao padrão RGB (utilizado nos monitores), que opera com 24 ou 32 bits/pixel. Em outros casos, os codecs simplesmente duplicam ou quadruplicam o tamanho da imagem

mostrada, o que pode aumentar a compressão real em 16 vezes.

Finalmente é bom esclarecer que qualquer codec pode conseguir altas taxas de compressão; o problema é a qualidade desse vídeo, ou seja, com taxas altas a imagem pode se tornar irreconhecível.

O truque das taxas de quadro

Novamente os fabricantes de codecs lançam mão de vários esquemas para aumentar o número de quadros por segundo de seus produtos. Na realidade, sequer o termo quadro-por-segundo tem o mesmo significado nas diferentes propagandas. Alguns fabricantes utilizam esse termo para especificar o número de quadros transmitidos em um segundo, enquanto que outros, quando usam esse termo, referem-se, na realidade, ao número de quadros mostrados em um segundo, o que, às vezes, pode ser duas ou mesmo quatro vezes maior que o número de quadros transmitidos. Lembrar que quando se utiliza o algoritmo de compensação de movimento não se está transmitindo pelo sistema de comunicação um único pixel da imagem, mas apenas um vetor de movimento.

4.2.7 Padrões e Interoperabilidade para videoconferência

Interoperabilidade significa que produtos de diferentes empresas podem comunicar-se e, para tal, são necessários padrões. Existem diversos grupos de que trabalham para produzir e divulgar padrões para videoconferência. O ITU (International Telecommunication Union) é uma agência das Nações Unidas através da qual governos e companhias privadas coordenam a criação e a operação de redes e serviços de telecomunicações. O ITU -T (antigo CCITT) é o setor dessa agência responsável por

padrões de vídeo, áudio e videoconferência. Este é o principal órgão promotor de padrões, mas existem outros grupos importantes com o mesmo objetivo, como o IETF (Internet Engineering Task Force), o IMTC (International Multimedia Teleconferencing Consortium) e o PCWG (Personal Conferencing Working Group), que interagem entre si e com o próprio ITU-T.

Em outubro de 1996, o ITU-T ratificou três padrões de videoconferência, um para RDSI, um para POTS e outro para LAN, chamados, respectivamente, H.320, H.324 e H.323. Mostraremos, a seguir, esses três padrões, além do padrão PCS, do PCWG.

Recomendação H.320 do ITU-T³²

Os padrões H.320 são dirigidos à videoconferência em redes comutadas a circuitos, como a rede digital de serviços integrados (ISDN). Nesse padrão estão incluídos codec H.261, para vídeo, e três codecs de áudio. O H.320 foi estendido para incluir também redes comutadas a pacote, como Ethernet e Token Ring, que não garantem uma Qualidade de Serviço (QoS). Este padrão é baseado no Protocolo de Tempo Real (RTP/RTCP) do IETF, de modo que pode ser também aplicado na Internet.

Esta recomendação, chamada "Narrow-Band Visual Telephone Systems and Terminal Equipment", foi aprovada em março de 1993. Definem-se Taxas de bits de banda estreita (Narrow-band bit rates) taxas na faixa de 64kbps a 1920 kbps (=64kbps x 30). O H.320 foi desenvolvido originalmente para RDSI e consiste em um conjunto de recomendações, que podem ser vistos na tabela abaixo, dos quais, somente aqueles relacionados a vídeo e áudio nos interessa no momento:

Recomendação	Descrição
H.261	codec para serviços audiovisuais a p x 64 kbps
G.711	PCM (Pulse Code Modulation) para voz
G.722	codec a 7kHz para 64 kbps
G.728	utiliza CELP a 16 kbps
H.221	estrutura de quadro a taxas de 64 a 1920kbps para serviços audiovisuais
H.230	controle de quadros sincronizado e sinais de indicação para sistemas audiovisuais
H.242	sistema de estabelecimento de comunicação entre terminais audiovisuais usando canais digitais de até 2Mbps

Tabela 5: recomendação H.320

Recomendação H.324 do ITU-T^[33]

A recomendação H.324 descreve padrões de compressão de vídeo e áudio para conexões através linhas telefônicas utilizando modems de alta velocidade. Ele possibilita, além da transmissão de vídeo, dados e voz em uma única linha telefônica analógica, a interoperabilidade de sistemas. Como resultado, usuários que possuem produtos de videoconferência de empresas diferentes vão poder se comunicar

Entitulado "Multimedia terminal for low bitrate visual telephone services over the GSTN" , a recomendação H.324 é, como o H.320, uma série de recomendações que definem padrões para áudio em tempo real, vídeo e transferência de dados em modems V.34 na Rede de Telefone Global Padrão (Global Standard Telephone Network - GSTN). As recomendações e seus nomes encontram-se na tabela abaixo:

Recomendação	Descrição
H.263	codec para taxas menores que 64 kbps
G.723	codec para taxas de 5,3/6,4 kbps
H.245	controle de sistema multimídia
H.223	protocolo de multiplexação para baixas taxas de bit

Tabela 6: recomendação H.324

Um modem V.34 tem uma largura de banda total de 28,8 kbps. O padrão G.723 requer uma banda 5,3kbps ou 6,4 kbps, o que deixa 23,5kbps ou 22,4 kbps para vídeo e overhead. A recomendação G.723 também possui um modo de supressão de silêncio, de modo que a banda destinada ao áudio possa ser utilizada por outros dados quando nenhum áudio estiver sendo transmitido.

Recomendação H.323 do ITU-T³⁴

Esta recomendação é uma extensão do H.320 para Redes Locais. Desde que o H.320 foi ratificado, em 1990, empresas têm incrementado a utilização de LANs, o que justificou um complemento do H.320 para abranger Intranets Comerciais e redes de comutação de pacotes em geral. Por ser baseado no protocolo RTP, o H.323 pode também ser aplicado para vídeo na Internet e permite sessões ponto-a-ponto e multiponto. Os componentes do H.323 encontram-se na tabela 7, na página seguinte:

Recomendação	Descrição
H.225	Especifica mensagens para controle de chamada, incluindo sinalização, registro e admissão, além de empacotamento/sincronização das mídias
H.245	Especifica mensagens para abertura e fechamento de canais os streams das mídias
H.261	codec de Video a p x 64 kbps
H.263	novos codecs de vídeo p/ POTS
G.711	codec de áudio, 3.1KHz a 48, 56, e 64 Kbps
G.722	Codec de áudio, 7 KHz a 48, 56, e 64 Kbps
G.728	Codec de áudio, 3.1 KHz a 16Kbps
G.723	Codec de áudio para 5.3 e 6.3 Kbps
G.729	Codec de áudio

Tabela 7: recomendação H.323

Especificação para Conferência Pessoal (PCS)

A Especificação para Conferência Pessoal (Personal Conferencing Specification - PCS) está sendo desenvolvida cooperativamente pelos membros do Personal Conferencing Working Group (PCWG) e define uma infraestrutura para prover comunicações ponto-a-ponto e multiponto de áudio, vídeo e dado. A versão PCS 1.0 recomenda a compressão de vídeo H.261 e a compressão de áudio GSM. Versões futuras deverão ser compatíveis com a recomendação H.320.

5. Videoconferência em Educação à Distância

5.1 VIDEOCONFERÊNCIA EM SISTEMAS DE IBW

Dois são os paradigmas para a videoconferência. No primeiro, vários participantes se reúnem em uma sala especialmente equipada para a conferência sentados ao redor de uma mesa e olhando para monitores que apresentam vídeos de salas semelhantes em sedes distantes; é a videoconferência de sala (*room videoconference*). O custo desse tipo de videoconferência é relativamente alto devido aos equipamentos de ponta e dos circuitos dedicados que são utilizados. Ver figura 8, abaixo.



Figura 8: videoconferência de sala

No segundo tipo, utilizado por alguns sistemas IBW, como o AulaNet, participantes sentados diante de suas próprias mesas conectam-se com outros participantes utilizando seus computadores pessoais de maneira muito similar a uma ligação telefônica (figura 9, abaixo). Os custos, neste caso, são enormemente amortizados pelo fato de se utilizar do baixo custo dos computadores pessoais e seus periféricos e, principalmente, por não

requerer um sistema de comunicação dedicado, competindo, assim, pela rede de comunicação pública com todas as demais aplicações que dela fazem uso.



Figura 10: videoconferência pessoal

Outra vantagem da videoconferência pessoal é que pode-se agregar a uma sessão todos as aplicações de rede disponíveis em um PC, tais como transferência de arquivos, *whiteboard*, *talk*, *email*, etc.

A videoconferência pessoal vem se tornando um novo paradigma de comunicação. Em breve, uma câmera no topo de um monitor será tão comum quanto hoje é um mouse ao lado do teclado. Atualmente é difícil até falar em qualidade de serviço (QoS) nos meios de comunicação à disposição da videoconferência pessoal. Uma melhoria substancial pode ser conseguida com técnicas de compressão de dados e protocolos específicos para dados sensíveis ao tempo, mas ainda há muito para ser aperfeiçoado se se desejar sair do conforto de uma rede local e se aventurar por linha telefônicas ou RDSI¹⁰.

Rede Digital de Serviços Integrados: tecnologia concebida para integrar diferentes

5.1.1 Benefícios da mudança para o modelo de videoconferência pessoal

A videoconferência de sala oferece tipicamente áudio e vídeo duplex em tempo real. Além disso, ela consegue enviar imagens paradas de alta definição para *sites* remotos. No entanto, pesquisas realizadas com usuários desse sistema apontaram a necessidade de recursos adicionais, como área de desenho compartilhada, capacidade de se conectar com múltiplos *sites* e maneiras de incorporar aplicações de computadores na conferência. Estas funcionalidades são naturalmente providas pela videoconferência pessoal. Talvez o aspecto mais importante dessa forma de videoconferência seja, não o fato de ser pessoal, mas de ser integrado no ambiente do computador, com o qual o usuário já está familiarizado. Tudo isto abre a possibilidade da conferência de dados, juntamente com a videoconferência.

Além disso, a videoconferência de sala possui problemas de programação e reserva. Os intervalos de tempo às vezes devem ser reservados com bastante antecedência. Com o sistema de videoconferência pessoal, pode haver interações mais extemporâneas e informais. É mais fácil que os usuários lancem mão com mais frequência de um recurso ao qual têm fácil acesso. Por outro lado isto pode constituir uma desvantagem, já que na videoconferência pessoal há mais elementos que atrem a atenção dos participantes (email, telefone, chats paralelos, etc.)

mídias, tais como texto, vídeo e áudio, em uma única estrutura de comunicação.

5.1.2 Desvantagens da videoconferência pessoal

A possibilidade de se trabalhar com vídeo acarreta uma série de conseqüências, tais como a necessidade de câmeras, computadores mais rápidos e com hardware dedicado para a compressão e descompressão do vídeo, larguras de banda maiores para dar vazão a grandes quantidades de dados gerados, etc. Isto certamente significa mais dinheiro, o que pode se tomar em um fator limitante do emprego dessa tecnologia. Por exemplo, experimentos realizados no Laboratório de Redes do CEFET-CE (LAR) mostram que um Pentium 200 MHz com 48 MB de RAM não tem capacidade suficiente para codificar e decodificar um vídeo a uma taxa de quadros de dois dígitos. E, como costuma acontecer, diante de orçamentos apertados, responsáveis por projetos nessa área tendem a abrir mão da qualidade dos equipamentos envolvidos.

Outra desvantagem é que, acostumadas a padrões de qualidade de áudio e vídeo presentes na vida cotidiana - por exemplo, televisão, sistemas estéreo, telefone -, as pessoas que participam de uma conferência pela primeira vez por meio de seus computadores não conseguem esconder a decepção diante de janelas de vídeo minúsculas de 120X160 pixels e com uma taxa de 8 quadros por segundo. Seguramente trata-se de um problema tecnológico a ser superado em breve, mas, no presente, é uma desvantagem que não pode ser desprezada.

5.1.3 A Internet como ambiente de videoconferência:

A Internet foi projetada originalmente para a transmissão confiável de dados e seus protocolos funcionam muito bem nesse contexto. Contudo, o tráfego multimídia possui características diferentes que requerem novos protocolos para os serviços necessários³⁵.

Em uma sessão de videoconferência, por exemplo, se um receptor tiver de esperar por uma retransmissão TCP, poderá haver um atraso perceptível - e inaceitável - na reprodução de um vídeo, áudio ou qualquer outro dado sensível a atrasos. Além disso, os mecanismos de controle de congestionamento do TCP - *slow Start* e *multiplicative decrease* - podem interferir na taxa de reprodução de um vídeo ou áudio

Outro problema do protocolo TCP/IP é que, se não há um caminho fixo entre transmissor e receptor para os datagramas percorrerem, não há como assegurar uma largura de banda adequada e, conseqüentemente, a qualidade de serviço. Finalmente, o TCP não fornece informações de temporização, requisito crítico para um tráfego multimídia ^[36]

Esta seção aborda os esforços dos responsáveis pelo desenvolvimento da Internet no sentido de torná-la mais amigável em relação ao tráfego gerado por programas de videoconferência, explica conceitos relacionados à videoconferência na Internet e lista alguns dos aplicativos disponíveis para esse propósito, descrevendo os mais populares.

Partindo do pressuposto que a rede pública é e ainda será por um bom tempo limitada em largura de banda, cabe aos desenvolvedores do TCP/IP dotá-lo com recursos que diminuam a quantidade de dados jogados no sistema de comunicação. Uma redução significativa, como se viu, é conseguida pelos próprios programas aplicativos ou por hardware utilizando-se esquemas de compressão de vídeo e áudio. Por seu lado, o protocolo TCP/IP contribui para essa redução com a implementação da transmissão multicast, através do Mbone.

Outra parcela de esforços vai na direção de fazer com que exigências de temporização por partes do tráfego de áudio e vídeo sejam respeitadas. Para este caso, são sugeridos

padrões adicionais ao protocolo TCP/IP, tais como o RTP, o RTCP e o RSVP, descritos adiante, embora alguns programas utilizem preferencialmente soluções proprietárias para resolver o problema da temporização.

5.1.4 Multicast³⁷ e Unicast

A capacidade multicast de um sistema de comunicação normalmente passa despercebida para o usuário comum da Internet, mas é responsável por uma imensa economia de largura-de-banda do sistema. Imaginem-se 10 pessoas participando de uma conferência por meio da Internet. Teoricamente, existem três maneiras diferentes de um dos participantes enviar vídeo para os outros nove. Uma delas é mandar nove vezes o mesmo stream, modificando, a cada vez, apenas o endereço dos participantes; uma segunda maneira seria enviar o vídeo apenas uma vez para toda a Internet - e deixar para todos aqueles que não estiverem interessados a tarefa de descartar os pacotes indesejados -; um terceiro modo consiste em mandar apenas uma vez o vídeo para um determinado endereço e contar com a ajuda do sistema de comunicação para entregá-lo apenas para as pessoas que estejam "sintonizadas" nesse endereço, ou seja, apenas as pessoas que fazem parte da conferência. A primeira maneira denomina-se unicast, a segunda, broadcast, e a terceira, multicast.

Com o multicast consegue-se uma economia de banda no sistema. O motivo é que um pacote pode alcançar todas as estações de uma rede de uma só vez. Assim, um fluxo (stream) de vídeo de 128Kbps usa a mesma largura-de-banda, seja ele endereçado a uma máquina ou a vinte. Além disso, esse mesmo pacote multicast é impedido de atravessar limites da rede, como roteadores e pontes. As razões para esta restrição são óbvias: se um

pacote multicast, que pode alcançar todas as máquinas de uma rede, pudesse "saltar" de rede em rede, toda a Internet rapidamente ficaria saturada por estes pacotes.

Para implementar o multicast na Internet, que é uma rede essencialmente unicast, concebeu-se o Mbone, detalhado a seguir. Várias aplicações que utilizam esta funcionalidade já estão disponíveis. Por outro lado, um exemplo bem sucedido de conferência unicast na Internet é o software CUSeeMe, da Universidade de Cornell, responsável por uma imensa popularização da videoconferência na Internet. Para permitir uma comunicação multiponto, ele utiliza um esquema diferente: o refletor. Este é apenas um programa que recebe pacotes vindos dos clientes e os redistribui para os demais participantes - um de cada vez, num esquema parecido com o da aplicação IRC.

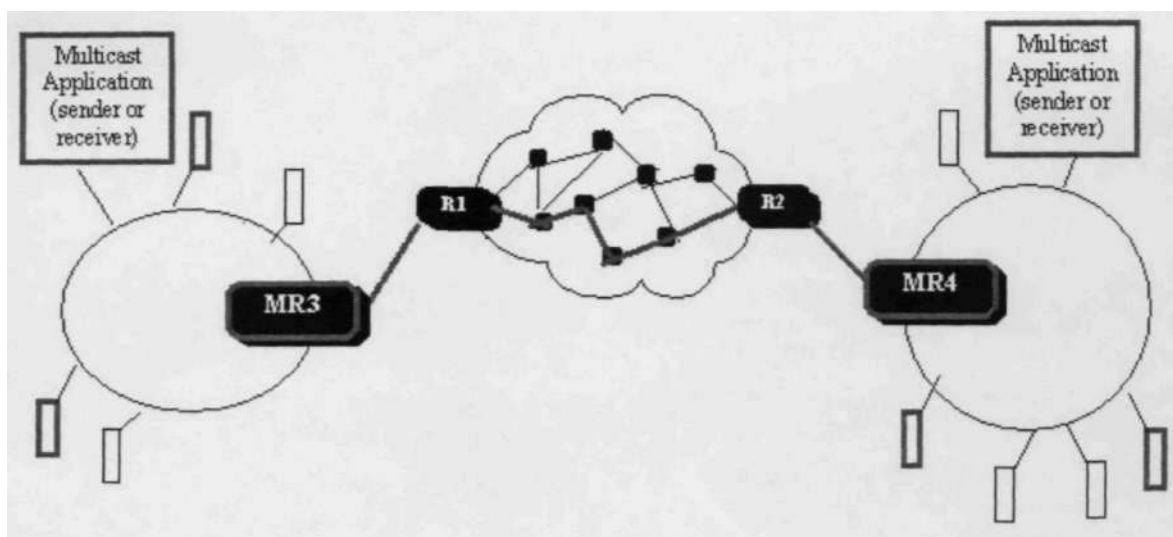
5.1.5 Mbone³⁸

A capacidade multicast existe há vários anos em redes locais como Ethernet e FFDI. Contudo, com o Protocolo Internet de Endereçamento Multicast (IGMP) na camada de rede, a comunicação grupai pode ser estabelecida através da Internet e, com isso, passa-se a poder utilizar-se dos benefícios da comunicação multicast em todas as redes que suportem IP, incluindo asynchronous transfer mode (ATM), frame relay, dialup e até links de satélite.

O Mbone é uma rede virtual formada por roteadores multicast. Virtual porque compartilha o mesmo meio físico que a Internet, embora precise usar um sistema paralelo de roteadores que ofereçam suporte multicast (por exemplo, estações dedicadas funcionando com kernels modificados e múltiplas interfaces) acrescido dos túneis, descritos a seguir.

O tunelamento como estratégia de transição para o roteamento IP

O tunelamento no contexto do multicast refere-se ao encapsulamento de pacotes multicast em um datagrama IP (isto é, pacotes unicast) para permitir o roteamento através de uma interrede, como a Internet, que não suporte roteamento multicast. A demonstração mais conhecida de tunelamento multicast é o o Mbone juntamente com o DVMRP. O encapsulamento é inserido na entrada do túnel e removido na saída. A figura abaixo, retirada do artigo *Introduction to IP Multicast Routing* (www.ipmulticast.com), ilustra melhor essa afirmação:



Mbone numa Internet não multicast

Túneis são úteis somente como uma estratégia de transição, até que todos os roteadores da Internet ofereçam suporte a multicast.

O problema da confiabilidade do multicast

A confiabilidade torna-se um problema no ambiente multicast, porque não existe necessariamente um caminho bidirecional do servidor para o usuário, elemento fundamental para a retransmissão de pacotes perdidos. Mesmo que existisse, uma enxurrada de pacotes perdidos poderiam criar tráfego de retorno suficiente para anular a economia de banda do multicast. Por esta razão o TCP não pode ser usado com este propósito. Na realidade, todas as aplicações IP multicast rodam em cima da camada de transporte UDP, que apenas detecta o erro (mas não o corrige).

Para contornar esse problema, algumas estratégias podem ser consideradas, conforme abaixo:

Aceitar a perda do pacote e fazer com que o decoder de áudio ou vídeo mascarem o efeito da perda.

Deixar para o decoder a solução do problema seria uma ótima solução se pudesse ser factível. Infelizmente, devido à extrema compressão de dados necessária para encolher os *streams* que percorrem a rede, cada pacote encerra uma quantidade enorme de informações, tornando sua perda difícil de se compensar

Transmitir dados redundantes para posterior correção de erros

Adicionar dados redundantes aumenta o desempenho (pois dispensa a retransmissão), mas, por outro lado, requer mais largura de banda para uma qualidade específica. Isto é, infelizmente, uma barreira para conexões via modem, em que se necessita desesperadamente de toda a banda que se possa conseguir.

Alocar e garantir largura de banda suficiente para que nenhum pacote seja descartado.

Para garantir a entrega através de uma rede, já existem protocolos de reserva de banda (como o RSVP, descrito na próxima seção) que permitem aos usuários solicitar uma dada qualidade de serviço para um fluxo de dados em particular. Assim, os usuários podem especificar a largura de banda necessária e o retardo máximo tolerável para sua aplicação. Com isso, cada dispositivo de rede entre servidor e cliente deixa reservada a largura de banda solicitada ou, na impossibilidade de satisfazer o pedido de reserva, sinaliza negativamente.

5.1.6 Protocolos de Tempo Real

As aplicações multimídia podem normalmente prescindir da complexidade do TCP e utilizar um protocolo de transporte mais simples. A maioria das reproduções de vídeo e áudio lidam melhor com dados perdidos ou fora de ordem do que os longos atrasos gerados pelas retransmissões. Dessa maneira, uma série de protocolos foram desenvolvidos para otimizar a Internet em relação aos fluxos de tempo real.

Abaixo são apresentados os protocolos que acrescentam as características de tempo real à Internet, o RTP, RTCP, RSVP e RTSP. Eles foram projetados para ser usados tanto em sistemas unicast como multicast.

RTP (Real Time Transport Protocol - RFC 1889)

O Protocolo de Transporte em Tempo Real (RTP - Real Time Transport Protocol) é a tentativa de padronização de um protocolo de temporização e que está sendo

desenvolvido pelo Grupo de Trabalho de Transporte de Áudio e Vídeo do IETF.

O RTP é executado fazendo uso do User Datagram Protocol (UDP) e IP e fornece serviços de temporização e seqüenciamento, o que permite às aplicações adaptar e aplinar erros e retardos inseridos pela rede. O resultado final é que, mesmo com aplicações críticas como as que envolvem áudio, os participantes percebem a conversação como se fosse em tempo-real, embora haja um pequeno atraso de armazenamento (buffering), necessário para sincronizar e seqüenciar os pacotes.

O RTP não prevê nenhum mecanismo que assegure a entrega no tempo certo (na realidade ele sequer garante a entrega dos datagramas) nem garante a qualidade de serviço. Algumas aplicações não requerem tais garantias, mas, para aquelas que fazem essa exigência, o RTP deve ser acompanhado por outros mecanismos que forneçam os serviços de reserva de recursos e de entrega confiável.

RTCP (Real-time Control Protocol - RFC 1889 e RFC 1890)

O RTCP é o protocolo de controle que trabalha conjuntamente com o RTP. Os pacotes de controle RTCP são enviados periodicamente por cada participante para todos os outros participantes. As informações retornadas podem ser utilizadas para controlar o desempenho da rede bem como para propósitos de diagnóstico.

O RTCP executa as seguintes funções

1) Prove informações para a aplicação: Esta é sua função primordial. Cada pacote RTCP contém informações (tais como número de pacotes enviados, número de pacotes perdidos, etc.) que serão úteis às aplicações. Por exemplo, de posse dessas estatísticas, o

transmissor pode modificar a taxa de transmissão, o receptor pode determinar se o problema é local ou global e o administrador da rede pode avaliar o desempenho de sua rede para distribuição multicast.

2) Identifica a fonte RTP: Essa função é utilizada para manter-se informado sobre os participantes de uma sessão RTP.

3) Controla o intervalo de transmissão RTCP : Para impedir que o tráfego de controle sature a rede quando o número de participantes aumenta muito, limita-se a, no máximo, 5% do tráfego total da sessão, ajustando-se o número de pacotes transmitidos em função do número de participantes.

4) Transmite informações de controle de sessão: Opcionalmente o RTCP pode ser usado pra transmitir informações mínimas para todos os participantes de uma sessão, como, por exemplo, o nome que identificará um participante na tela dos demais.

RSVP (Resource Reservation Protocol - RFC 2205)

Como se viu anteriormente, ainda se faz necessário um protocolo que garanta uma qualidade de serviço (QoS) para uma sessão. O RSVP é um protocolo para sinalização de reserva de recursos do qual as aplicações fazem uso para requisitar uma qualidade de serviço para seu fluxo de dados.

Uma solicitação de reserva RSVP consiste em uma especificação de uma qualidade de serviço desejada (por exemplo, largura de banda máxima e média e atraso máximo) e uma definição do conjunto de pacotes de dados a receber a QoS. O RSVP inclui três tipos de serviços - serviço garantido, carga controlada e o já conhecido "melhor esforço".

No caso de um ambiente multicast, uma estação envia mensagens IGMP para juntar-se a um grupo e então envia mensagens RSVP para reservar recursos ao longo do caminho de entrega desse grupo. Uma desvantagem do RSVP aparece neste momento: como roda por cima de um protocolo não orientado a conexão - IP -, uma mudança na rota pode causar uma alteração na qualidade de serviço experimentado por um determinado fluxo. É necessário algum tempo para que os fluxos no RSVP sejam atualizados e não há garantia de que a nova rota possa fornecer a qualidade de serviço necessária ³⁹ .

O RSVP vem sendo defendido pela Internet Engineering Task Force (IETF) em contraposição ao ATM, defendido pelo ATM Forum, como uma solução barata para tráfegos sensíveis ao tempo, já que ele roda em backbones Ethernet. Segundo o IETF, os usuários não serão obrigados a implementar o ATM - baseado em comutação de células - para obter níveis de serviços múltiplos.

RTSP (Real Time Streaming Protocol - draft-ietf-mmusic-rtsp-07)

Este protocolo tem como objetivo controlar sessões com múltiplos dados e escolher o meio de entrega mais apropriado (UDP, TCP, IP multicast e RTP). Ele quebra o dado em muitos pacotes com o tamanho apropriado para a largura de banda disponível entre transmissor e receptor. Após o cliente ter recebido um número suficiente de pacotes, o software pode começar a tocar um pacote, descomprimir um outro e continuar recebendo os demais. Com isso, o usuário pode começar a escutar um arquivo antes que o mesmo tenha sido totalmente recuperado.

O RTSP permite a funcionalidade de "controle remoto" no estilo dos vídeo-cassetes para fluxos de vídeo e áudio na Internet, com pausa, avanço e retrocesso acelerado ou

posicionamento absoluto.

5.2 FERRAMENTAS DE VIDEOCONFERÊNCIA INTERNET

Apresentam-se, a seguir, as características de algumas das ferramentas utilizadas em sessões de videoconferência na Internet. Nem todas elas são soluções completas, isto é, que transmitem vídeo e áudio ao mesmo tempo. No entanto, podemos, por exemplo, combinar uma ferramenta de áudio e uma de vídeo para obter o resultado esperado.

CUSeeMe:

Como o objetivo da Cornell University era oferecer um software que disponibilizasse a videoconferência para qualquer pessoa que possuísse um PC ou um Macintosh, optou-se pelo esquema de transmissão unicast⁴⁰. Levando-se principalmente em conta que bem poucos roteadores da Internet eram multicast na ocasião do lançamento do software (hoje a situação já melhorou bastante, mas a maioria dos roteadores ainda é unicast), a intenção daquela universidade de popularizar a videoconferência ficaria prejudicada, se outro esquema de transmissão fosse escolhido, embora se conhecesse as implicações de tal escolha no que se refere à replicação de pacotes e o conseqüente congestionamento das redes.

O CUSeeMe foi o primeiro programa a permitir que pessoas que possuem nada mais que um PC participem de uma sessão de videoconferência através da Internet. Quando se fala em mandar vídeo e voz, onde outras aplicações requerem estações de trabalho poderosas, grandes larguras de banda e, principalmente, um ambiente multicast, o CUSeeMe se

contenta com um velho 386 e um modem de 14.400bps. É claro que não podemos esperar uma qualidade cinematográfica para as transmissões, mas com tão poucos recursos já é possível uma comunicação. Para se Ter uma idéia, um sinal de televisão requer uma banda de 96Mbps, ou seja, quase 6.700 modems de 14.400!

Podemos usar o CUSeeMe de duas maneiras básicas: na primeira, como um simples videofone - um telefone que também mostra a imagem -, você pode se comunicar com qualquer pessoa no mundo ligada à Internet desde que ela também tenha o programa. A segunda maneira é a videoconferência. Neste último caso, porém, será necessário o auxílio de um refletor. Existem atualmente vários refletores públicos, que nada mais são que estações Unix que rodam um programa especial (reflector) e que servem de ponto de encontro para que várias pessoas possam conversar entre si.

Para se ter uma idéia de como são mínimas as exigências do CUSeeMe, listamos abaixo os requisitos de conectividade, hardware e software para uma sessão de videoconferência¹¹

Requisitos de Conectividade para o rodar o CU-SeeMe

Rede TCP/IP

- Endereço IP

Estes requisitos referem-se à versão gratuita do CUSeeMe liberada pela Universidade de Cornell. Os direitos de comercialização de versões posteriores foram adquiridos pela empresa White Pine. Versões mais recentes requerem mais recursos.

- Modem de 28.8k (funciona precariamente com modem de 14.4k)

Requisitos de Hardware e Software para o rodar o CU-SeeMe

Para receber:

- PC com processador 80386 SX ou melhor (somente recebe vídeo); processador 80486 SX ou melhor (somente recebe vídeo, áudio recebe/envia)
- Windows 3.1 ou Windows for WorkGroups 3.11 rodando no modo avançado
- Vídeo de 256-cores (8-bit) com resolução de 640x480 ou melhor
- Placa de som de 8-bits com entrada para microfone (necessário para enviar) e com saída para auto-falante (interno ou externo)
- Memória RAM de no mínimo 2MB (recomenda-se 4MB)
- Conexão com rede IP
- Windows Socket compatível com a arquitetura TCP/IP
- Banda de 28.8Kb ou melhor
- SLIP/PPP compatível

Para enviar:

- Equipado para receber como visto acima com o requisito adicional de um processador 80386 ou melhor (vídeo recebe/envia) ou processador 80486 ou melhor (vídeo recebe/envia, áudio recebe/envia).
- Câmera QuickCam ou Placa de captura e câmera de vídeo com saída NTSC padrão (como uma camcorder) e cabo RCA.

NV:

É a ferramenta mais popular para enviar e receber vídeo no Mbone. Até o CUSeeMe oferece uma porta para interfacear com o NV. É possível receber vídeo em uma janela X11 sem requisitos especiais de hardware de qualquer tipo. Para enviar vídeo, basta uma câmera e uma placa de captura de vídeo.

VIC:

Trata-se de uma aplicação que suporta configurações e ambientes heterogêneos. Por exemplo, em ambientes de grande largura de banda, o vic permite o auxílio de hardware na compressão de vídeo enquanto que a compressão por software pode ser usado quando se dispõe de pequena largura de banda.

O vic é baseado no RTP. Embora possa funcionar ponto-a-ponto, utilizando endereços IP unicast, ele foi originalmente projetado para ser uma aplicação de conferência multiponto. Para fazer uso dessa capacidade, o sistema deve suportar IP multicast e, idealmente, estar conectado ao Mbone

O vic oferece apenas a parte de vídeo de uma conferência multimídia; áudio, controle de sessão e área de trabalho compartilhada são implementadas em aplicações separadas: vat, SD e wb respectivamente. O vic é compatível com RTPv1 e pode interoperar tanto com o nv (v3.3) como com o ivs (v3.3)

WB:

A ferramenta WB (whiteboard) tem a função de compartilhar informações escritas entre

usuários de uma sessão em particular. Esta ferramenta também opera no modo unicast. Um quadro branco é compartilhado entre os usuários e provê texto ASCII, desenho, digitação, anotações a mão livre e importação de páginas postscript.

Speak Freely:

Este aplicativo permite estabelecer uma audioconferência e cada participante pode, opcionalmente, enviar uma foto. Possui, além de um protocolo proprietário, dois modos de transmissão em tempo real: um compatível com o RTP e outro compatível com o aplicativo VAT.

IVS:

Como o CUSeeMe, trata-se de uma ferramenta completa, no sentido que transmite vídeo e áudio. Apenas investimentos mínimos, como uma câmera e uma placa de captura de vídeo, são necessários para uma sessão de videoconferência. Isto é obtido implementando codificação PCM e ADPCM para áudio e uma versão em software da codificação H.261.

5.3 A VIDEOCONFERÊNCIA COMO SUPORTE À EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA

A videoconferência é um componente importante na definição de um sistema de Educação à Distância. Seja em sistemas baseado na web, seja em sistemas de Videoconferência de sala, é necessário que vídeo e áudio apresentem uma qualidade abaixo da qual pode-se comprometer o ensino. Além disso, essas mídias devem,

idealmente, vir acompanhadas de outros recursos que enriqueçam ainda mais o conteúdo a ser transmitido. Abaixo, listam-se algumas facilidades a ser oferecidas por um sistema de Educação à Distância que utilize videoconferência :

Sincronismo entre as mídias áudio e vídeo:

Embora possa parecer natural que o som emitido por uma pessoa acompanhe o movimento labial, a implementação de tal funcionalidade na Internet não é trivial, uma vez que a maior parte dessa rede ainda se baseia em esquemas de contenção, sem a mínima garantia da qualidade de serviço. Esse problema se dá em redes de longa distância e até em redes locais - a maioria implementa o protocolo CSMA/CD de acesso ao meio, em que as máquinas acessam o meio através de disputas. Dessa maneira, tráfegos isócronos como vídeo e áudio têm à sua disposição uma largura de banda dinâmica, alocada estatisticamente. Em tais situações, não se pode garantir sequer a qualidade das citadas mídias separadamente, quanto mais a sincronização entre as mesmas.

Qualidade de vídeo aceitável:

Videos que apresentam baixa qualidade não são bem aceitos. Na realidade os usuários preferem imagens paradas ocasionais de alta qualidade a vídeos de baixa qualidade.

Tratamento de documentos:

Recurso extremamente importante para que os participantes tenham acesso a uma área de dados compartilhada, onde, por exemplo, o professor pode distribuir tarefas ou mostrar um gráfico, um esquema, uma foto, etc. para os alunos.

Envio de mensagens texto:

Como é impraticável que duas pessoas falem ao mesmo tempo (a não ser em períodos curtos, como no caso de uma intervenção), se houver a necessidade de "conversas paralelas", elas devem ocorrer textualmente. Para isso, em muitas ocasiões é necessária a existência de uma "chat window".

Controle de acesso:

Inclui desde o impedimento de pessoas não autorizadas de assistir à conferência (no caso, aula) até a possibilidade de um coordenador - que pode ser o professor - alterar os direitos de acesso aos diversos recursos durante a aula. Com isso, pode-se, por exemplo, que um aluno tenha acesso em um dado momento à área de dados compartilhada ou a "conversas paralelas". Um exemplo de controle de acesso deve ser implementado pelo próprio sistema, de preferência utilizando a técnica de detecção de silêncio.

Capacidade do programa lidar com pacotes multicast:

Também é um importante fator de diferenciação e deve ser igualmente analisada, pois tal funcionalidade pode reduzir em muito o tráfego da rede, uma vez que elimina a necessidade de replicar-se pacotes, disponibilizando, assim, mais banda para o único pacote que percorre a rede local.

6 O projeto *INVENTE*

6.1 EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação do Brasil (Lei 9.394-96) consagra um capítulo específico à Educação Profissional. O relevo que o assunto merece decorre de uma profunda mudança por que passa o chamado mundo do trabalho e a missão das escolas técnicas, transformadas em Centros Federais de Educação Tecnológica⁴⁸. A Educação Profissional compreende três níveis:

- Básico: destinado à qualificação, requalificação e reprofissionalização de trabalhadores, independentemente de prévia escolaridade.
- Técnico: destinado a oferecer habilitação profissional a alunos matriculados ou egressos do ensino médio.
- Tecnológico: destinado a egressos do ensino médio e técnico, correspondente a cursos de nível superior na área tecnológica

A educação profissional, na prática, tem se caracterizado por certas particularidades que o distanciam da educação geral, aproximando-o um pouco mais da prática profissional. O uso intensivo de laboratórios talvez seja a característica mais marcante do ensino

¹²

A Educação Profissional, em particular o parágrafo 2º do Artigo 36 e os Artigos 39 e 42 da nova LDB está regulamentada no Decreto no 2.208, de 17 de abril de 1997

profissional, onde instituições de ensino técnico e tecnológico tentam recriar em suas dependências o ambiente profissional com o qual o aluno se depara após o término do curso. Este não constitui, porém, o único elemento a diferenciar as escolas profissionalizantes das escolas de ensino geral. Na realidade, outros elementos inserem-se na relação ensino-aprendizagem dessas instituições, modificando elementos da prática pedagógica, como avaliação e recuperação de conteúdo, estabelecendo um perfil particular. Na seção seguinte mostraremos alguns elementos presentes no Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, instituição de referência do ensino profissionalizante do estado do Ceará que servirá de cenário para o projeto INVENTE, proposta deste trabalho.

O INVENTE tem origem na reflexão sobre as possíveis características intrínsecas à educação profissional à distância. Esta reflexão pode ser resumida nos seguintes questionamentos: a exemplo do que acontece com o ensino presencial, será que existe alguma diferença entre o ensino propedêutico à distância e o ensino tecnológico à distância? Se existe, será que os sistemas de Instrução Baseada na Web (IBW) atualmente disponíveis contemplam tais diferenças? Em caso negativo, será que tais diferenças desaprovariam o uso dessas ferramentas? Ou até que ponto um sistema IBW convencional pode ser usado no Ensino tecnológico? São essas as questões que norteiam este trabalho.

6.1.2 Características da Educação Profissional

A Lei de Diretrizes e Bases está modificando profundamente a estrutura dos cursos oferecidos nas escolas técnicas e profissionais brasileiras. A idéia anterior de se trabalhar

com currículos prontos, de teor vocacional fechado e preparatório para o ingresso no ensino superior vem dando lugar à ideia de se oferecerem cursos com finalidade exclusiva de se qualificar o aluno para uma atividade laboral. Deixando de lado polêmicas ideológicas que essa mudança tem provocado, é interessante notar que, apesar da mudança estrutural por que vem passando a Educação Profissional, ela apresenta características básicas e inalienáveis a diferenciá-la da educação convencional, como veremos adiante.

A Educação profissional no Brasil apresenta uma gama variada de oferta, que compreende a Rede Federal de Escolas Técnicas, os Centros Federais de Educação Tecnológica, Escolas Agrotécnicas, Unidades Descentralizadas, Escolas Vinculadas a Universidades, Cursos Profissionalizantes Estaduais e Municipais e da Rede Privada e ainda o conjunto de cursos do Sistema S (SENAI, SENAC, SENAT, SENAR e SEBRAE). A oferta conjunta de matrículas dessas instituições é de aproximadamente sete milhões de vagas, metade da demanda efetiva e um décimo da População Economicamente Ativa (PEA)⁴⁸.

O INVENTE nasceu da necessidade de se pesquisarem novas tecnologias de educação à distância, visando a uma futura expansão da oferta de matrículas no Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFET-CE). O CEFET-CE é composto atualmente de 4 unidades: duas em Fortaleza e duas no interior do Ceará (uma na cidade de Cedro, distante aproximadamente 400km de Fortaleza e a outra em Juazeiro do Norte, que fica quase na fronteira com Pernambuco).

Ao todo, são oferecidos, pelo CEFET-CE, 9 cursos regulares de nível médio - Eletrônica, Eletrotécnica, Estradas, Edificações, Informática Industrial, Turismo, Telecomunicações,

Química Industrial e Mecânica -, 5 cursos de nível superior -Mecatrônica, Telemática, Geoprocessamento, Hotelaria e Tecnologia Ambiental - e 2 cursos de especialização - Arte Educação, Automação Industrial e Gerência de Redes de Telecomunicações e de Computadores-, perfazendo um universo de aproximadamente 4.000 alunos.

No decorrer do processo de ensino-aprendizagem do CEFET-CE, percebem-se algumas características que fogem da prática cotidiana das escolas de educação geral e que podem ser apontados para justificar a singularidade da educação profissional. Essas particularidades, a seguir detalhadas, fazem-se notar no ensino, na avaliação e na recuperação:

Uso intensivo de laboratórios: Principalmente nos anos finais, os alunos do CEFET-CE chegam a passar 80% da carga horária total dentro de laboratórios.

Uso generalizado de computadores: Em qualquer curso, o uso de computadores como ferramenta de trabalho é uma constante. Notar que, nesse caso, a Informática Educativa, bastante empregada em escolas de educação geral para o ensino de disciplinas diversas, dá lugar à Informática Aplicada, onde o computador é utilizado não para apenas como ferramenta pedagógica no apoio ao ensino, mas como um meio para executar tarefas específicas de uma profissão.

Uso mais intenso das habilidades motoras e sensoriais por parte dos alunos: Audição, visão e tato são bastante exigidos nos cursos profissionalizantes. O dia a dia de um aluno do CEFET-CE consiste em montagens de circuitos, medições das mais variadas naturezas, projetos gráficos, conversação em diferentes idiomas - no curso de Turismo, por exemplo-, realização de experimentos, uso de diversos equipamentos, dos mais

delicados aos mais robustos, etc. Todas essas experiências cobram dos alunos maior atenção e o uso mais intenso das percepções sensoriais.

Elaboração de projetos: Quase toda disciplina exige a elaboração de um ou mais projetos onde o aluno terá a oportunidade de sintetizar o que foi visto ao longo das aulas, resgatando o sentido prático dos conhecimentos adquiridos.

Estágios: Uma parte do aprendizado dos alunos se dá dentro de uma empresa. Lá eles têm a possibilidade de conhecer o mercado e ingressar na vida profissional mais preparado.

Riqueza dos métodos de avaliação: Além de provas e trabalhos escritos, os alunos são avaliados por tarefas individuais, trabalhos de equipe e projetos em contextos os mais diversos possíveis. Na disciplina de empreendedorismo, por exemplo, as equipes devem entregar, ao final do período letivo, um projeto completo da criação de uma empresa e expor suas idéias em um auditório para profissionais bem sucedidos do setor. A avaliação do estagiário pelo empregador, a aceitação pelo público durante a exposição de projetos em feiras e congressos, a publicação de trabalhos em congressos, entre outros, são apenas alguns entre muitos métodos de avaliação dos alunos do CEFET-CE.

Emprego de esquemas alternativos de recuperação: A Recuperação Paralela ilustra bem essa afirmação. No CEFET-CE a recuperação se dá ao longo de todo o período letivo, desde o primeiro dia de aula. À medida que o aluno vai encontrando dificuldades em algum conteúdo, ele recorre ao professor em horários pré-definidos. A vantagem desse método é que o aluno tem um tratamento normalmente individualizado, além de ter a chance de dirimir dúvidas tão logo elas apareçam.

6.1.3 Pressupostos para a Educação Profissional à Distância

Com o objetivo de propor uma solução que satisfaça os requisitos específicos da educação profissional à distância, alguns pressupostos foram elaborados. Estes pressupostos evidenciam as peculiaridades da educação profissional e servem de base para a concepção do projeto INVENTE.

Realidade virtual: o uso intensivo de laboratórios no ensino presencial sugere alguma ferramenta que simule esses ambientes virtualmente no caso do ensino à distância. Uma prática de Química Industrial, por exemplo, poderia ser simulada antes da prática in loco, reduzindo, assim, a possibilidade de acidentes com reagentes de verdade. O surgimento da realidade virtual, assim como sua possível utilização em microcomputadores comuns, estabeleceu novos patamares de interação homem-máquina. A criação de mundos virtuais surge como uma possível resposta a esse sério problema da modelagem de ambientes cooperativos multi-usuários. Consistindo na modelagem de ambientes tridimensionais capazes de manter interação com um ser humano através de seus cinco sentidos, a realidade virtual ainda não conseguiu criar ambientes totalmente imersivos, necessitando ainda de aprimoramentos no que diz respeito a sensações gustativas e olfativas. Porém, esta tecnologia avançou bastante com relação ao tato, audição e, principalmente, visão.

Inicialmente restrita a estações gráficas especiais de custo elevado, a realidade virtual foi-se tornando comum em microcomputadores - principalmente devido à área de entretenimento, hoje um dos ramos de atuação desta tecnologia com maior destaque, juntamente com ferramentas de simulação. Surgiram pacotes gráficos e bibliotecas

específicas para a modelagem de mundos virtuais e novas possibilidades no comportamento de avatares (personificações virtuais de usuários - humanos ou não). O espetacular aumento na velocidade dos processadores também foi fator preponderante para o desenvolvimento de um grande conjunto de novas técnicas computacionais, que juntamente com esses novos softwares, tornaram bem mais simples a tarefa de criação e programação de mundos virtuais.

Nota-se, hoje, que um importante objetivo a ser alcançado nos próximos anos é o de estender o domínio de aplicação das tecnologias de realidade virtual a grupos de usuários, aprimorando o significado do que se convencionou chamar comunidades virtuais. Membros de grupos virtuais podem interagir entre si através da utilização de avatares, com possibilidades de movimentação em um espaço tridimensional, onde o próprio ambiente pode ser manipulado, muitas vezes respondendo a estímulos dos avatares. Este tipo de tecnologia pode - e deve - ser utilizada como uma ferramenta de aprendizado, devido principalmente à sensação de presença proporcionada pela realidade virtual. Quando este objetivo for finalmente alcançado, usuários poderão usufruir de ambientes virtuais elaborados com o intuito de permitir a interação entre avatares e este mundo artificial.

Nossa motivação é, portanto, a aplicação dessas tecnologias à elaboração de ambientes virtuais cooperativos, no caso mais específico, de laboratórios virtuais, de forma a melhorar a qualidade do ensino à distância. Hoje, muitas das tecnologias empregadas para a geração de ambientes baseados em realidade virtual já podem ser portadas para microcomputadores comuns, garantindo-se alta qualidade a baixos custos para instituições de ensino.

Pressuposto 1: Os sistemas elaborados para a educação profissional à Distância podem e devem beneficiar-se do aporte da tecnologia de Realidade Virtual.

Tratamento diferenciado às mídias isócronas: em uma aula de Francês do curso de Turismo, por exemplo, os alunos dedicam toda a atenção à pronúncia do professor no momento em que ele está falando. Assim, não é correto que os pacotes que transportam o áudio tenham a mesma prioridade de um pacote que transporta dados textuais em sistemas IBW, por exemplo. Enquanto que o descarte ou atraso de um pacote que contenha áudio implica na reprodução defeituosa do som emitido, prejudicando o entendimento por parte do aluno, o fato de uma mensagem eletrônica chegar 1 segundo mais cedo ou mais tarde não faz muita diferença.

Os meios normalmente utilizados para transmitir essas mídias, em particular a Internet, estão cada vez mais preparados para desempenhar a tarefa de priorizar tráfegos isócronos. A fim de prover o suporte necessário a esse tipo de tráfego, novas classes de serviço [RFC 2211 e RFC 2212], e um protocolo de Sinalização de QoS [RFC 2205] foram introduzidos na Internet. O *framework* dos serviços integrados⁴⁹ na Internet possibilita às aplicações escolherem entre múltiplos níveis de serviços de entrega de pacotes. Para tal, dois pressupostos são necessários:

- Os elementos individuais da rede (roteadores, switches, etc.) ao longo do caminho seguido pelos pacotes de dados de uma aplicação devem suportar mecanismos de controle de qualidade;
- Deve ser provida uma maneira de comunicar os requisitos das aplicações aos

elementos de rede ao longo do caminho e de transmitir informação de gerenciamento de QoS entre elementos de rede e aplicação.

No modelo de serviços integrados, a primeira função é executada por serviços de controle de QoS, tais como o de Carga Controlada [RFC 2211] e Serviço Garantido [RFC 2212]. A Segunda função pode ser implementada de várias maneiras, mas, normalmente, é feita por um protocolo de reserva de recursos, tal como o RSVP [RFC 2205].

Devido ao fato do RSVP ter sido projetado para ser utilizado com uma variedade de serviços de controle de QoS e, também, dos serviços de controle de QoS terem sido concebidos para ser usados com uma variedade de mecanismos de configuração da rede, existe uma separação lógica entre as duas especificações. Nem a especificação do RSVP define os formatos internos dos campos, ou objetos, do protocolo RSVP relacionados aos serviços de controle de QoS, nem as interfaces dos serviços de controle de QoS fazem qualquer inferência sobre a maneira como a rede será configurada para atender aos requisitos de controle de QoS das aplicações.

Pressuposto 2 É desejável que um sistema para a educação profissional á distância faça uso da capacidade de controle de QoS das redes, onde for possível.

Vídeo/Áudio de boa qualidade: O trabalho manual intensivo, típico de laboratórios, também pressupõe um nível de detalhamento visual e auditivo por parte dos alunos maior que no ensino "convencional". A montagem e desmontagem de um computador, por exemplo, executadas em cursos de informática, demandam uma acuidade visual e uma

precisão de detalhes sem paralelo no ensino propedêutico. A contrapartida do ensino tecnológico à distância deve oferecer, portanto, uma qualidade de vídeo superior à normalmente aceita em aulas convencionais, seja pelo uso de câmeras com recursos de zoom, seja por uma maior taxa de quadros por segundo, mais pixels por quadro e, também, pela possibilidade de se reservarem recursos para a transmissão do vídeo, para garantir que o máximo possível de quadros transmitidos cheguem ao destino.

Pressuposto 3: É desejável que um sistema voltado para a educação profissional à distância utilize os recursos de vídeo e áudio sempre que necessário, sempre garantindo, no entanto, uma qualidade mínima.

Possibilidade de executar programas usados nas disciplinas via rede: Não apenas os programas de comunicação (como e-mail, ftp, Real Player, White Board, etc.) tipicamente usados nos sistemas de IBW disponíveis são necessários, mas, também, programas típicos de cada disciplina deverão ter suporte do sistema, de modo que, se necessário, o professor possa disponibilizar via rede, por exemplo, um programa de CAD para os alunos de Mecânica, um programa de montagem de circuito impresso, para os alunos de Eletrônica ou um sistema de reserva de passagens para os alunos de Turismo. O uso da tecnologia Applet da linguagem de programação Java se mostra particularmente conveniente para tal propósito, ao permitir o tráfego de código pela rede.

Pressuposto 4: É desejável que um sistema para a educação profissional à distância permita a agregação de programas específicos das áreas, de maneira

Contextualização dos ambientes existentes nas instituições de ensino tecnológico: O Sistema de recuperação paralela anteriormente descrito constitui um típico exemplo de um serviço existente somente em escolas técnicas e centros federais de educação tecnológica. Como essas instituições podem variar bastante entre si (Escolas Técnicas, Centros Federais de Educação Tecnológica, Centros Vocacionais Tecnológicos, Centros de Treinamento, Escolas Agrotécnicas, etc), é necessário que um sistema possibilite a customização da estrutura navegacional, possibilitando a criação de novos ambientes não previstos durante a concepção do sistema.

Pressuposto 5: É desejável que um sistema para a educação profissional à distância possibilite a criação de novos ambientes não previstos na sua concepção original, de modo a se adequar à diversidade de instituições de ensino básico, técnico e tecnológico.

Embora possam ser utilizados na educação profissional, os sistemas IBW disponíveis não satisfazem a um ou alguns dos pressupostos levantados a partir das particularidades deste tipo de educação. É necessário, portanto, um sistema que contemple todos os pressupostos acima citados, contribuindo, assim, para um melhor aproveitamento por parte dos alunos - ao fornecer conteúdos com melhor qualidade - e para uma maior facilidade de preparação de cursos por parte dos professores.

6.2 UMA PROPOSTA PARA A EDUCAÇÃO PROFISSIONAL À DISTÂNCIA

O resultado da reflexão sobre as propriedades intrínsecas da Educação Tecnológica é o INVENTE, um sistema de IBW que teve sua concepção baseada nos pressupostos levantados anteriormente, a partir desta reflexão.

O INVENTE possui um ambiente integrado constituído por vários blocos, como apresenta a Figura 11.

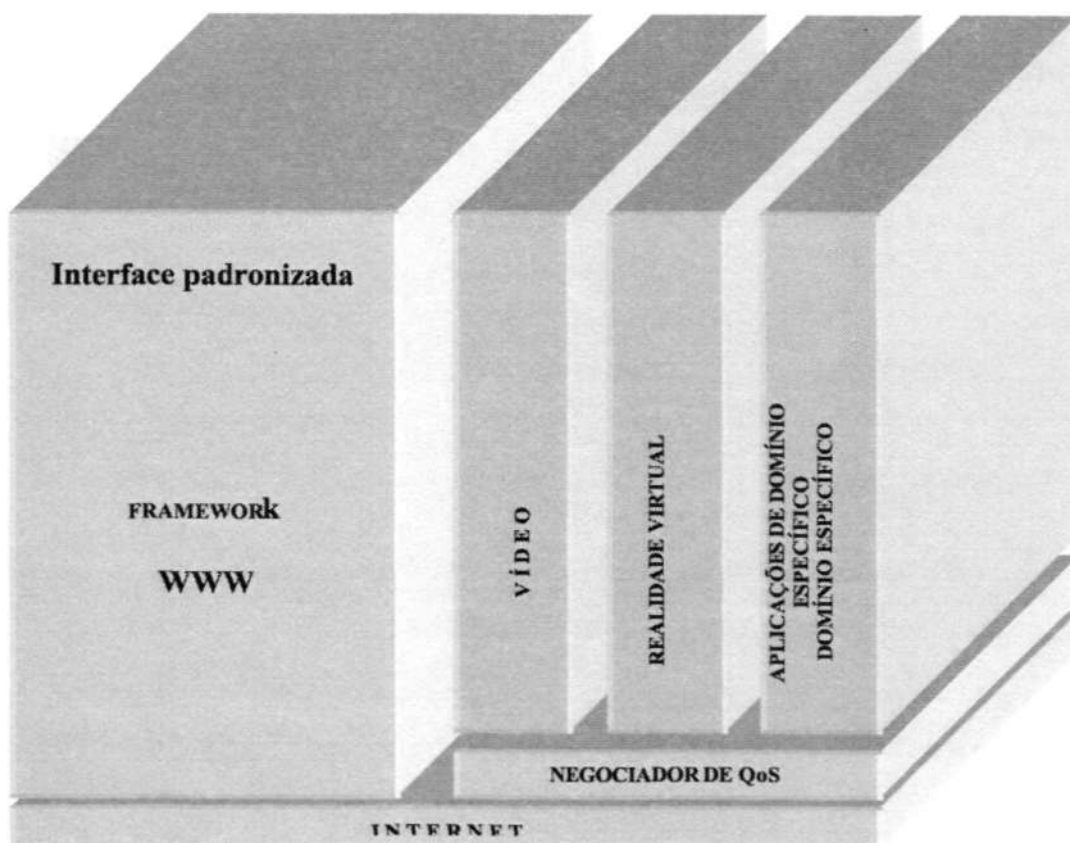


Figura 11: Arquitetura do Invente

Interface do INVENTE

Tem por objetivo oferecer uma interface amigável entre os usuários e as aplicações, de modo a esconder as dificuldades concernentes à tecnologia de rede. Atendendo ao Pressuposto 1, pretende-se utilizar a tecnologia de Realidade Virtual para resolver o problema da simulação dos laboratórios e, também, para dar uma maior realidade à interação de alunos e professores com o ambiente. Deverá permitir a criação de contextos originais, se houver necessidade, além daqueles normalmente presentes, como Aula, Interação, Agenda, etc. Esta facilidade vai ao encontro do Pressuposto 5.

Aplicações do INVENTE

Camada responsável pela execução dos serviços disponíveis no INVENTE. Este ambiente dá ênfase aos serviços existentes em uma escola e não aos aplicativos que os implementarão, escondendo o máximo possível o tecnicismo das ferramentas utilizadas. Aqui estão incluídas não apenas as aplicações relacionadas à comunicação, tais como correio eletrônico, *whiteboard*, aplicações de videoconferência, etc, mas, também, aplicações específicas da(s) área(s) técnica(s) envolvidas. Com isto, satisfaz-se o Pressuposto 4. Para contemplar o Pressuposto 3, que diz respeito à qualidade do vídeo, é necessário que se utilizem equipamentos e CODECs configurados para proporcionar as melhores imagens possível. Lembrando o que foi dito no capítulo 4, se a largura de banda não permitir vídeo de boa qualidade, é melhor uma imagem estática de boa qualidade do que um vídeo ruim⁵⁰.

Negociador de QoS

A fim de satisfazer ao importante Pressuposto 2, foi concebido um conjunto de blocos chamados genericamente de Controlador de Qualidade de Serviço, mostrado na figura

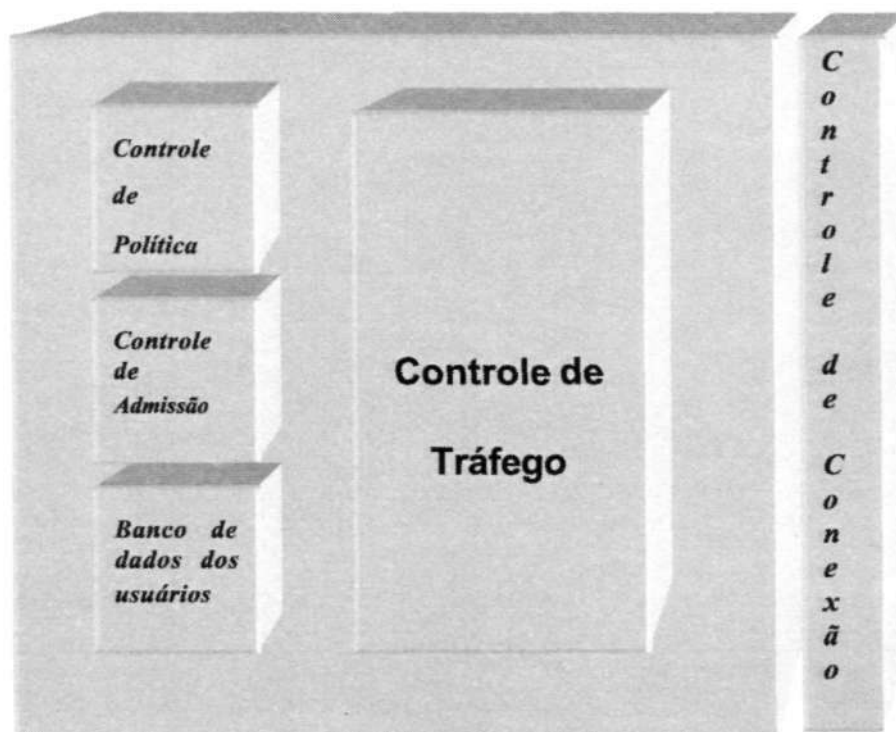


Figura 12: Negociador de QoS

abaixo, que exerce várias funções relacionadas ao controle dos recursos de rede.

Internamente ele é composto pelos seguintes blocos:

- Controle de Política: responsável pela decisão administrativa da alocação de recursos da rede para cada usuário;
- Controle de Admissão: Determina se existem recursos suficientes disponíveis para a aplicação;

- Controle de tráfego: Responsável pela implementação da Qualidade de Serviço propriamente dita;
- Proxy de sinalização de QoS: Permite que aplicações que, embora necessitem, não conseguem sinalizar uma reserva de recurso possam requisitar os recursos necessários. Na realidade, atualmente a maioria dos aplicativos de áudio e vídeo disponíveis necessitariam deste proxy. No futuro, a tendência é que todos eles tragam essa funcionalidade embutida.
- Controle de conexão: Permite a configuração manual do controlador de QoS. Utilizado para testar o sistema de sinalização.

Esta camada não deve trazer nenhuma complicação adicional ao usuário, livrando-o da preocupação com aspectos técnicos durante a utilização das aplicações que exigem garantia de qualidade de serviço. Problemas como a escolha do CODEC utilizado para compressão de vídeo, o algoritmo usado para compressão de áudio, a largura de banda envolvida na conexão, o retardo máximo fim a fim, etc. devem ser traduzidas para o usuário de modo que, no máximo, ele possa escolher uma entre algumas opções amigáveis, tais *como qualidade boa, qualidade média e qualidade baixa* e , dependendo da escolha feita, ele tenha consciência que vai "pagar" mais caro ou mais barato,

6.3 ESPECIFICAÇÃO DO INVENTE

O INVENTE é um ambiente de Educação à Distância, projetado no LAR/CEFET-CE, que se propõe a oferecer um conjunto de aplicações Web voltada para Educação

Profissional. O sistema apresenta uma interface padronizada e simples para usuários autorizados e administra um repositório de materiais de diversas naturezas (apostilas, provas, bibliografias, páginas HTML, áudios, vídeos, imagens, etc.) organizados sob o contexto curso/disciplina. Além da disponibilização de materiais, o INVENTE propicia a comunicação inter-usuários e oferece alguns serviços especiais, como listas de discussões, relações de dúvidas frequentes sobre determinados assuntos e suas respostas (FAQs), aulas ao vivo, sessões de chat com professores e outros serviços. Adicionalmente, o INVENTE possui um modelo para uma camada subjacente às aplicações que tem a função de controlar a qualidade de serviço.

Existem três tipos de entidades usuárias básicas no INVENTE: o Professor, o Aluno e o Visitante¹³. Além destes três tipos básicos, existe ainda a figura do Administrador - um super-usuário com autorização ampla para execução de funções especiais e do construtor de classes - responsável por prover novas funcionalidades ao INVENTE.

A interface projetada para alunos e professores é semelhante, sendo permitido ao professor a disponibilização de materiais (upload) e a transmissão de aulas diretas, entre outras funções. Aos alunos e visitantes cadastrados, é permitido o acesso a estes materiais, segundo critérios específicos de controle de acesso.

¹³ Entende-se por Visitante um usuário externo que não possua qualquer vínculo com o CEFET-CE

Todo material ou serviço disponibilizado no INVENTE tem acesso liberado para todos os usuários cadastrados. Quando um professor quer disponibilizar um material de forma restrita, deve informar explicitamente a turma (ou turmas) para qual o acesso a este material é oferecido. Os usuários visitantes só possuirão acesso aos materiais que forem livremente disponibilizados (sem restrições de acesso).

As principais funções do ambiente de Educação à Distância proposto pelo INVENTE estão representadas no diagrama use case da Figura 13:

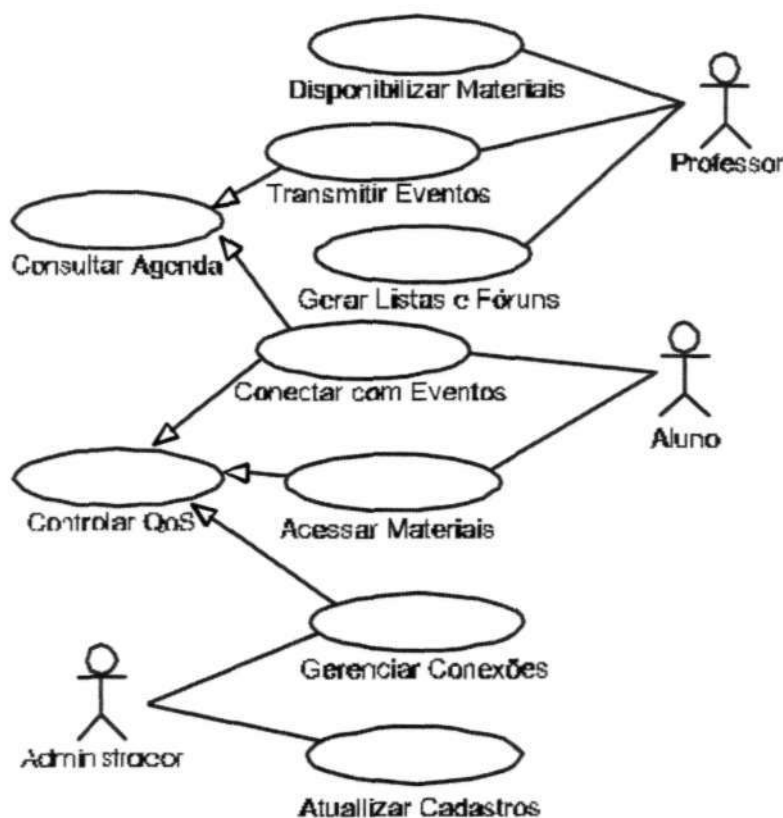


Figura 13: Diagrama use case do Invente

O usuário Visitante não foi representado na Figura 16 porque, a princípio, suas funções são análogas às do usuário Aluno, visto que apenas a restrição imposta por professores poderá limitar o acesso do primeiro aos recursos do ambiente. No entanto, a existência deste tipo de usuário é justificada pela perspectiva de construção de uma interface entre o INVENTE e o Sistema de Controle Acadêmico da ETFCE e, conseqüentemente, a oferta de alguns serviços específicos para usuários Alunos, diferenciando-os de forma mais contundente dos Visitantes.

De acordo com a proposta do INVENTE, o sistema implementa as funções básicas descritas abaixo, que serão desempenhadas pelos atores:

- Professor

- *Disponibilizar Materiais* - disponibilização dos arquivos de diversas naturezas com material educacional (apostilas, gabaritos, provas, aulas gravadas, apresentações, etc).

Transmitir Eventos - transmissão de aulas diretas ou sessões de *chat* comandadas por professores.

Gerar Listas e Fóruns - geração e controle de listas de discussão e fóruns sobre diversos assuntos.

- Aluno

Participar de Eventos - conexão a uma aula direta ou a uma sessão de *chat*.

- *Acessar Materiais* - acesso aos diversos materiais disponibilizados no INVENTE

pelos professores.

- Administrador

Gerenciar Conexões - gerência de aspectos gerais das conexões estabelecidas e de outros aspectos do controle de qualidade de serviço.

Atualizar Cadastros - manutenção dos cadastros de usuários, de cursos, de disciplinas e de turmas.

- Gerador de Classes

No caso de algum usuário do Invente necessitar criar algum ambiente *bien* não previsto inicialmente pelo sistema, cabe a este ator elaborar uma nova classe ou, se for o caso, criar uma subclasse através do mecanismo de herança que implemente o novo ambiente desejado. Trata-se de um ator que não faz parte diretamente da aula, ou seja, não está presente em *run-time*.

Podemos identificar no diagrama dois *use cases* compartilhados.

Consultar Agenda - controla a conexão de usuários aos eventos que são transmitidos diretamente (aulas diretas e sessões de *chat*).

Controlar QoS - executa as funções de controle de qualidade de serviço de acordo com as configurações estabelecidas pelo administrador e em função das necessidades específicas dos serviços controlados.

O modelo básico das classes do Invente está representado na Figura 14.

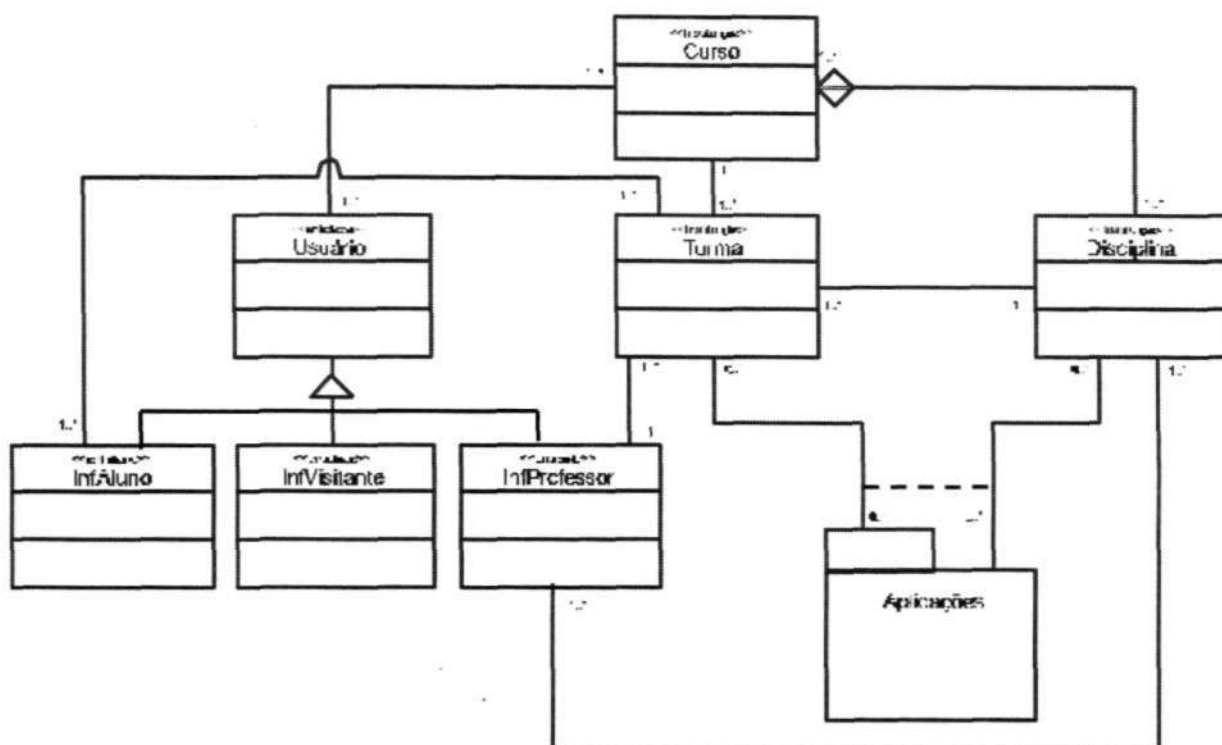


Figura 14: Diagrama de classe do INVENTE

Pela sua natureza complexa, alguns serviços disponibilizados pelo INVENTE estão sendo concebidos de forma independente da estrutura básica, sempre mantendo coerência com o modelo definido. Desta maneira, o pacote "Aplicações" do diagrama apresentado na Figura 17 representa a ligação entre o modelo básico e o modelo específico de um serviço adicionado ao INVENTE. A Figura 15 apresenta o modelo básico relacionado a duas aplicações diferentes.

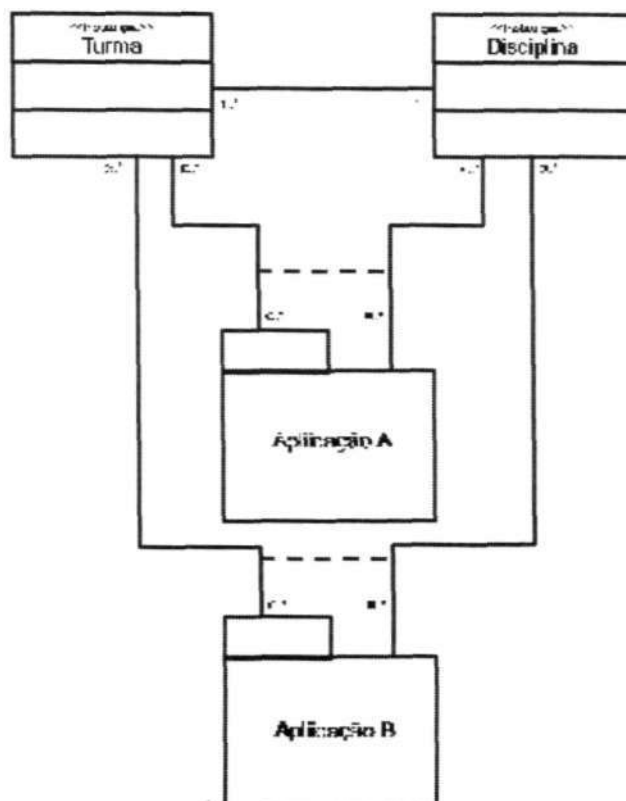


Figura 15: representação de duas aplicações associadas

O relacionamento mutuamente exclusivo "aplicação-turma" e "aplicação-disciplina" define a restrição imposta a um serviço. Quando os objetos de uma aplicação X se relacionam com o modelo básico diretamente através de uma disciplina Y, o serviço ou material é irrestrito. Por outro lado, se a relação foi estabelecida através de uma ou mais turmas, os materiais ou serviços possuem acesso restrito a esta(s) turma(s).

A tecnologia empregada no desenvolvimento desta aplicação será apresentada a seguir.

6.4 PROTOTIPAÇÃO DO INVENTE

A tecnologia definida para o desenvolvimento do ambiente de Educação à Distância levou em consideração a necessidade de execução em ambiente multiplataforma, a disponibilidade dos recursos existentes no ambiente do CEFET-CE (software e hardware) e as perspectivas de ampliação dos domínios de pesquisa. Além disso, como o INVENTE se propõe a utilizar tecnologia Web, todo o acesso ao sistema deve ser efetuado a partir dos *browsers* mais convencionais. Com base nestas prerrogativas, optou-se pela tecnologia Java.

6.4.1 Uma arquitetura cliente/servidor usando Java

A motivação de obter um software com característica multiplataforma fez com que a Sun Microsystems apresentasse o Java como uma linguagem de programação para Internet. O Java provê uma maneira simples e nova para desenvolver, gerenciar e utilizar aplicações cliente/servidor, através da utilização de um código pré-processado (*bytecode*). Além disso, é possível distribuir uma aplicação para milhões de clientes apenas colocando-a em um servidor Web^[2].

O interpretador do Java - *Java Virtual Machine* ou JVM - possui implementações para diferentes plataformas, podendo estar embutidas em outros programas, como é o caso de *browsers* como o Netscape e o Explorer. Esta característica é de particular importância para o desenvolvimento de aplicações distribuídas.

Além da característica multiplataforma, o Java é também uma linguagem de programação

orientada a objetos bastante completa, o que a torna uma arma poderosa para o desenvolvimento de aplicações voltadas para a Internet. Diversas bibliotecas (APIs) são continuamente desenvolvidas e disponibilizadas para atender a necessidades de aplicações específicas.

Uma desvantagem relacionada ao uso de clientes Java é a performance na execução. A arquitetura concebida para prover independência de plataforma, fazendo uso de um interpretador, compromete a velocidade de execução dos programas. Esta desvantagem não se sobrepõe à todas as outras vantagens desta plataforma. Muitas instituições e pesquisadores vêm otimizando e desenvolvendo recursos que tornam mais rápida e eficaz a execução dos programas Java.

6.4.1.1 O Java no lado Cliente

Ao usar a Internet como infra-estrutura para o desenvolvimento de aplicações voltadas para Educação à Distância, deve-se considerar que o aluno, o aprendiz, o professor ou qualquer outro tipo de usuário poderá fazer acesso ao ambiente através de qualquer plataforma de hardware ou software.

Os applets Java, carregados a partir de uma URL e processados localmente, resolvem o problema da portabilidade da aplicação para as diversas plataformas possíveis no lado cliente.

Além da independência de plataforma, outra grande vantagem destes programas clientes são os aspectos relativos a sua distribuição. Como um applet é carregado pela rede, a disponibilização e as atualizações precisam ser feitas apenas no servidor de onde os

programas (as classes) são carregados ^[41].

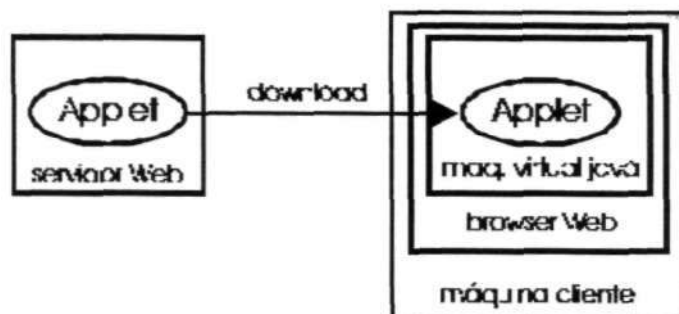


Figura 16: funcionamento do applet Java

Para evitar longos tempos de espera durante a carga, já que o *bytecode* é transferido pela rede, os applets devem ser pequenos.

6.4.1.2 O Java no lado Servidor

Uma aplicação voltada para Educação à Distância pode ser enriquecida com acesso a bancos de dados e outros recursos servidores específicos. Uma solução Java para este fim é a utilização de servlets.

Um servlet é um programa **Java** carregado e executado por um servidor Web, diferentemente do applet, e usado para negociar requisições do cliente, como acontece com um CGI.

Ao invés de interagir com o mundo através de uma interface gráfica, os servlets

interagem com os clientes através do paradigma requisições-respostas (*requests-responses*) modelado pelo comportamento do HTTP. Um *browser* ou outro programa servidor capaz de fazer conexões através da Internet acessa o servidor Web e faz uma requisição. Esta requisição é processada por um serviço de rede de um computador servidor que a transfere para o servlet. Este, por sua vez, provê a resposta apropriada à requisição ^[42]

Segundo^[43], os servlets possuem algumas vantagens que se destacam em relação aos scripts CGIs e outros mecanismos utilizados em servidores:

- Os servlets, como APIs do JAVA, são independente de plataforma e podem executar em qualquer uma, sem a necessidade de serem reescritos ou recompilados;
- São mais rápidos que os scripts CGI devido às diferenças nos modelos de processo. Os servlets podem ser configurados para que sejam carregados apenas uma vez (persistência). Já os programas CGI, normalmente, necessitam ser carregados a cada requisição. Este nível de eficiência se sobrepõe ao fato de que um programa Java é, via de regra, mais lento do que um outro programa compilado para o código objeto nativo da plataforma.
- Os servlets possuem a extensibilidade da plataforma Java, que é uma linguagem robusta, bem projetada e completamente orientada a objetos. Bibliotecas especializadas em Java, ferramentas de desenvolvimento e drivers de banco de dados estão sendo disponibilizados o tempo todo para esta plataforma.

Um servlet pode ter um papel significativo num sistema baseado em Web que utilize uma

arquitetura de banco de dados de três camadas (Figura 17).

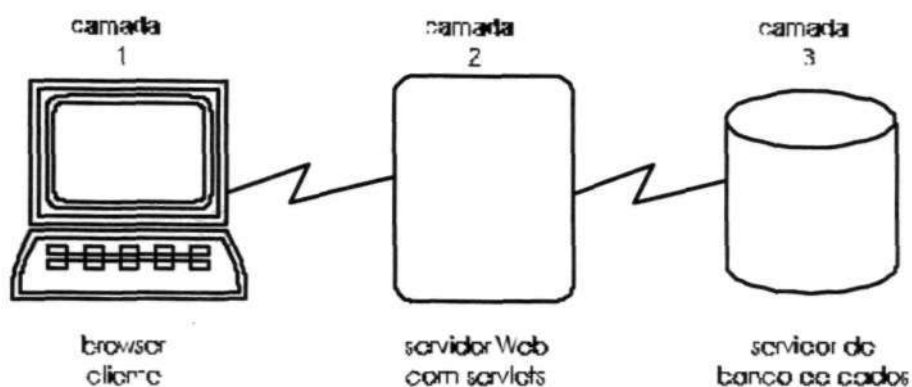


Figura 17: Arquitetura de 3 camadas usando servlets

Nesta arquitetura, o browser cliente representa a primeira camada, o servidor Web juntamente com os servlets executam o processamento de aplicações designadas para a camada central (*middle-tier*) e o papel da terceira camada é exercido pelo servidor de banco de dados^[44]. Estando na camada central, o servlet pode transpor restrições de segurança impostas pela plataforma Java para applets e funcionar como um *proxy*, visto que um applet só pode estabelecer conexões com o próprio servidor do qual foi carregado. Um servlet acionado por um applet, por exemplo, pode acessar um banco de dados localizado em um servidor diferente do servidor Web e retornar o resultado da consulta para o applet⁴⁵. Várias requisições podem ser feitas concorrentemente por diversos clientes e coordenadas pelos servlets. Além disso, é possível utilizar classes estáticas para compartilhar dados entre as diversas requisições⁴⁶.

6.4.1.3 Usando API JDBC com Servlets

Além do poder e da flexibilidade oferecidos pelos servlets, o Java conta ainda com a JDBC API - *Java Database Connectivity Application Programming Interface*, que fornece uma interface aberta para acesso a banco de dados, permitindo incorporar requisições SQL aos programas. O JDBC não é um produto derivado do ODBC - *Microsoft's Open Database Connectivity*. Embora tenham semelhantes funcionalidades, possuem muitas diferenças em suas implementações⁴⁷.

A JDBC API define os comandos que podem ser executados, como executá-los e como os dados serão retornados, certificando-se que a aplicação possa interagir com as diversas tecnologias de banco de dados de forma padronizada e uniforme. Isto só é possível através de um driver apropriado.

O único driver fornecido pela JavaSoft (em conjunto com a API JDBC) é a ponte JDBC-ODBC. Como o ODBC é um driver que pode ser utilizado para diversos banco de dados, o JDBC utiliza uma linguagem única para qualquer uma das plataformas suportadas. A desvantagem do uso de pontes JDBC-ODBC é a adição de outro nível de complexidade ao modelo utilizado por uma aplicação, comprometendo sua performance e dificultando o isolamento e a localização de erros.

Os recursos do JDBC e a funcionalidade dos servlets, em conjunto, podem dar bom suporte a aplicações cliente-servidor baseadas em Web. Um servlet persistente pode estabelecer uma conexão com um banco de dados durante a sua inicialização (via JDBC) e mantê-la ativa durante todo o seu ciclo de vida. As requisições subsequentes efetuadas

por clientes que fizerem acesso ao mesmo banco de dados não necessitarão de nova conexão. O acesso por um servlet a bancos de dados localizados em hosts diferentes do que contém o servidor http pode ser feito através de conexões JDBC utilizando drivers apropriados.

6.4.2 Ambiente de Prototipação

A Plataforma Java está sendo utilizada tanto no lado cliente da aplicação, através de applets, como no lado servidor, com utilização de APIs JDBC para acesso ao banco de dados.

No servidor são usados servlets para acesso ao banco de dados do INVENTE e geração dinâmica de páginas HTML. Inicialmente utilizou-se a plataforma ServletExpress da IBM, juntamente com o servidor US 4.0 para Windows NT, para dar suporte à execução dos servlets do INVENTE. Neste primeiro momento usou-se, também, a API JDBC via ODBC para acesso ao banco de dados SQL Server, da Microsoft.

No entanto, esta configuração não se mostrou muito estável e optou-se por uma plataforma baseada no Linux, utilizando o servidor HTTP da Apache juntamente com seu servidor de servlets, JServlet. Como solução para banco de dados, escolheu-se o programa MySQL para qual se obteve um driver JDBC proprietário.

Visando a testar o desempenho dos servlets, elaborou-se um experimento para testar a velocidade de acesso remoto aos dados utilizando duas tecnologias: servlet e CGI. O experimento consiste no seguinte:

- No lado do cliente executa-se um applet que faz um número configurável de

requisições ao banco de dados. Esse applet estabelece uma conexão (do tipo *socket*) com o servidor HTTP e executa o método POST. Na realidade, este applet apresenta um funcionamento semelhante à aplicação *ping*, uma vez que ele lê o relógio do sistema (via método estático `System.currentTimeMillis()`), envia a requisição, espera pela resposta e, quando da chegada desta, lê novamente o relógio do sistema e subtrai esse valor do tempo anteriormente lido.

- No servidor, além dos servidores de HTTP (Apache v.1.3.4), de servlet (Jserv v.1.0b2), de banco de dados (MySQL v 3.22.14gama), executou-se um *script* e um servlet que fazem efetivamente o acesso ao banco de dados.

Conforme esperado, obteve-se um desempenho um pouco superior do servlet (a persistência do servlet parece ter compensado o fato de se tratar de um programa interpretado). O experimento foi feito em duas etapas, a primeira executando 50 requisições via CGI e 50 requisições via servlet, alternadamente, e a segunda, quatro acessos consecutivos (de 50 requisições cada) via CGI e 4 acessos utilizando o servlet. A tabela abaixo mostra os resultados:

Acesso alternado (tempo em milissegundos)

CGI	63,2	56,7	44,3	45,3
Servlet	46,4	46,2	45,8	45,7

Acesso consecutivo (tempo em milissegundos)

CGI	63,2	56,7	44,3	45,3
Servlet	46,4	46,2	45,8	45,7

A Figura 18 ilustra de maneira simples a estrutura cliente-servidor empregada no ambiente INVENTE.

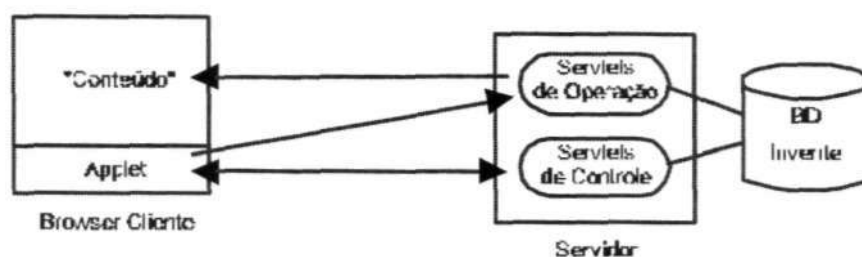


Figura 18: estrutura cliente/servidor no INVENTE

Existem dois grupos de servlets: os de "controle" e os de "operação". Os servlets de controle são aqueles cujas respostas às requisições são devolvidas para o applet no browser do cliente. Um exemplo de utilização deste tipo de servlet é a carga dos menus *drop down* com os "cursos" e as "disciplinas" que são apresentados no painel do applet. Os servlets de operação são aqueles que geram dinamicamente o código HTML apresentado no *frame* "Conteúdo" no browser do usuário, como resultado de uma solicitação de serviços efetuada.

Através do applet apresentada em seu browser, o usuário inicia uma sessão no ambiente INVENTE. Este applet tem a função específica de gerenciar as requisições de serviços e controlar o contexto em que um usuário se encontra (Figura 19).

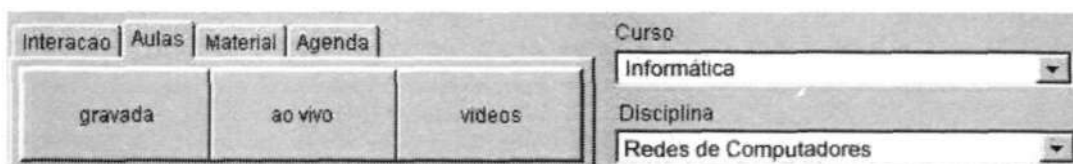
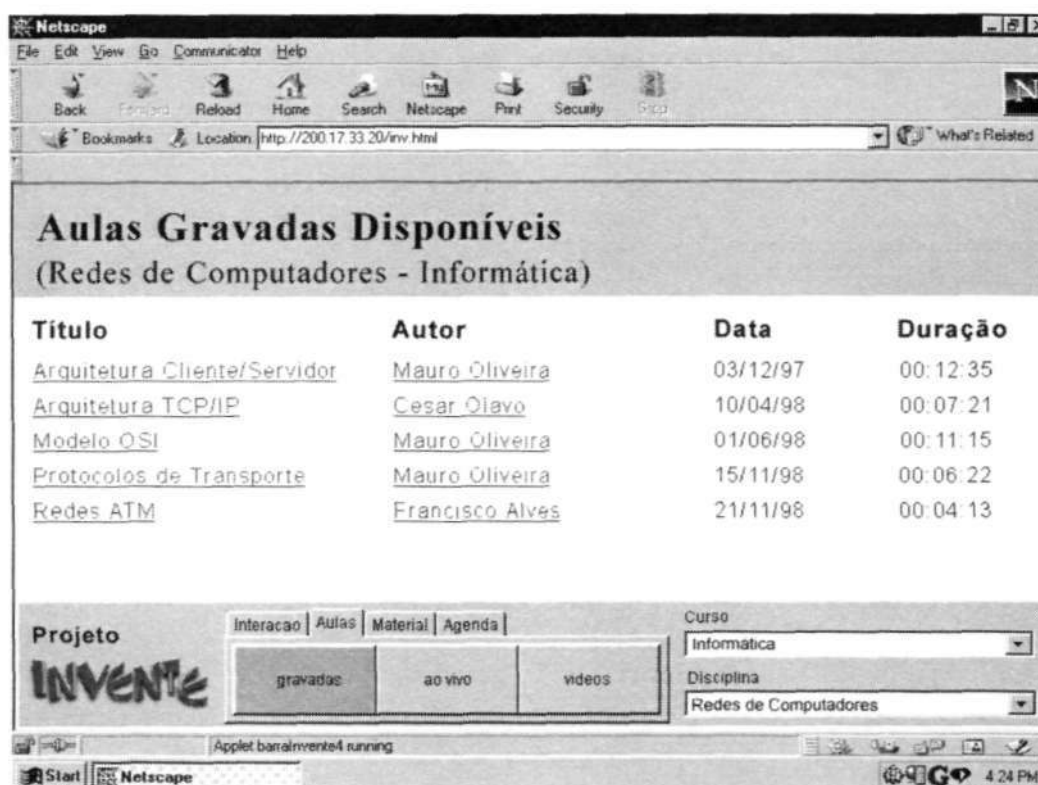


Figura 19: Layout do painel do applet responsável pelo controle do contexto no INVENTE

Os serviços solicitados serão sempre feitos em função do contexto curso-disciplina configurado no painel apresentado no applet. Por exemplo, se em determinado momento o painel estiver configurado para a disciplina "Redes de Computadores" do curso "Informática" e um usuário acionar o botão que apresenta a relação de aulas gravadas, o INVENTE selecionará todas as aulas cadastradas especificamente para esta disciplina, considerando o tipo de usuário que está efetuando a operação e as restrições impostas pelos professores que disponibilizaram o material ou estão oferecendo o serviço. A Figura 20 representa esta situação.



Aulas Gravadas Disponíveis
(Redes de Computadores - Informática)

Titulo	Autor	Data	Duração
Arquitetura Cliente/Servidor	Mauro Oliveira	03/12/97	00:12:35
Arquitetura TCP/IP	Cesar Olavo	10/04/98	00:07:21
Modelo OSI	Mauro Oliveira	01/06/98	00:11:15
Protocolos de Transporte	Mauro Oliveira	15/11/98	00:06:22
Redes ATM	Francisco Alves	21/11/98	00:04:13

Projeto **INVENTE**

Interacao | Aulas | Material | Agenda

Curso: Informática

Disciplina: Redes de Computadores

gravadas | ao vivo | videos

Applet barraInvente4 running

Start Netscape 4 24 PM

Figura 20 - Aulas Gravadas para a disciplina "Redes de Computadores" do curso "Informática".

Os itens apresentados no *frame* "Conteúdo", como resultado da operação efetuada, são acionados como hiperlink e o material ao qual está relacionado é apresentado em uma outra janela. A Figura 21 apresenta a execução da aula gravada com o título "Modelo OSI". O código HTML gerado dinamicamente por um servlet de operação utiliza JavaScript para abrir janelas independentes.



Figura 21: Apresentação de uma aula gravada em janela independente.

Optou-se por preservar o contexto em um frame separado do conteúdo, de modo que o aluno possa mudar facilmente de uma disciplina para outra sem ter que voltar à página inicial de navegação, como acontece com outros sistemas EBW, além de permitir,

a todo instante, uma visualização do contexto em que o aluno se encontra. Em uma rápida visualização das interfaces de quatro diferentes sistemas IBW, o WCB, o WebCT, o Learning Space e o Aulanet, pode-se verificar essa afirmação:



Figura 22: Interfaces de vários sistemas IBW

Em cada uma dessas interfaces, tem-se um curso (ou, disciplina, na nomenclatura do INVENTE) ao qual se teve acesso depois de percorrer um número variável de níveis, de maneira que, se se desejar assistir a um outro curso, deve-se retornar alguns níveis até a tela inicial de seleção de cursos.

6.4.3 Camada de QoS:

Conforme exposto na seção 6.1, um sistema IBW para o ensino tecnológico deve oferecer suporte a aplicações de áudio e vídeo e, mais do que isso, garantir uma qualidade mínima para tais mídias. Essa garantia, no entanto, não é, como se sabe, proporcionada pelos protocolos de transporte e roteamento tradicionais da Internet.

A idéia inicial, então, para contornar essa dificuldade seria desenvolver uma camada adicional que negociasse com uma estrutura de rede -capaz de oferecer Qualidade de Serviço, é claro- os recursos exigidos pela aplicação. À época, o meio disponível para tais experiências era uma rede ATM existente no LAR. Essa camada ofereceria à aplicação uma API para negociação de QoS em termos genéricos, tais como serviço garantido e carga controlada, definidos pelo Grupo de Trabalho sobre Serviços Integrados na Internet [RFC 1633].

Felizmente a Internet está se preparando para prover a maior parte das demandas dessa camada de reserva de recursos, por meio de seu protocolo RSVP [RFC 2205]. Embora, quando do início da concepção do INVENTE, o RSVP fosse apenas um *draft* da Força-

Tarefa de Engenharia da Internet (Internet Engineering Task Force - IETF), hoje já existem implementações desse protocolo para quase todas as plataformas, o que, além de facilitar o trabalho de quem queira projetar aplicações que requeiram tal funcionalidade, estabelece uma padronização necessária à compatibilização de diferentes programas.

Atualmente, encontram-se implementações completas e funcionais do protocolo RSVP, que, além de daemons de sinalização, fornecem aplicações de vídeo e áudio que permitem a negociação de QoS, ferramentas de geração de tráfego controlado, etc. A tarefa de implementação da camada de negociação de QoS do INVENTE, portanto, passa a ser implementada em um nível mais baixo e nosso trabalho constitui uma minuciosa pesquisa das soluções de negociação de QoS disponíveis para as várias plataformas existentes no LAR e da utilização daquela que for mais adequada aos nossos propósitos.

7. Conclusão

A Educação à Distância já é realidade em um número crescente de instituições de ensino, que vêm implementando sistemas baseados em diferentes tecnologias para disponibilizar conteúdos a alunos geograficamente dispersos. Mas, será que os sistemas existentes podem ser utilizados de maneira eficiente tanto na educação geral como na educação tecnológica?

Este trabalho foi motivado pela preocupação de se investigar as particularidades da Educação Tecnológica à Distância. Como resultado dessa investigação, chegou-se à conclusão que a estrutura por trás de um programa de educação à distância para ensino tecnológico deve oferecer algumas facilidades que contemplem as idiossincrasias deste tipo ensino.

Essas diferenças podem ser encontradas na tabela na página seguinte. A primeira coluna mostra as características mais marcantes da Educação Profissional presencial, e na segunda coluna, os pressupostos a serem satisfeitos pelo sistema de educação à distância, identificados neste trabalho :

Ensino Tecnológico	Pressupostos da EaD
Uso intensivo de laboratórios	Uso de Realidade Virtual
Modelos pedagógicos próprios (ensino, avaliação, recuperação, etc.) e que variam de uma instituição para outra	Flexibilidade na estruturação dos cursos e estrutura navegacional customizável.
Uso do computador e softwares como disciplina em si e não como ferramenta para aprender outras disciplinas	Possibilidade de agregar novos programas pelo próprio professor, com pouca ou nenhuma ajuda do administrador
Tarefas práticas com alto nível de detalhamento visual e auditivo	Utilização de equipamentos e programas que propiciem boa qualidade do vídeo e áudio.
Uso mais intenso das percepções sensoriais por parte dos alunos	Garantia de qualidade de serviço para aplicações que utilizem as mídias vídeo e áudio,

Tabela 8: Mapeamento entre características do ensino tecnológico presencial e pressupostos no ensino tecnológico à distância

A tecnologia World Wide Web tem se mostrado particularmente eficiente para distribuição de cursos à distância. Embora a maioria das ferramentas de Instrução Baseada na Web (IBW) sejam extremamente úteis para a publicação de cursos genéricos na Internet, não trazem na sua concepção um suporte mais específico para cursos voltados para disciplinas técnicas e tecnológicas, em particular, não satisfazem os pressupostos listados na tabela acima (na verdade, eles nem podem ser cobrados por isso, uma vez que estes programas não foram concebidos para o ensino de disciplinas técnicas).

O INVENTE, proposta deste trabalho, é um sistema de Instrução baseado na Web cujas

concepção e prototipação foram feitas levando em conta os pressupostos resultantes da reflexão sobre as particularidades do ensino tecnológico. Como resultado, ele dá ênfase a questões como reserva de recursos da rede, temporização de pacotes isócronos, modelagem de ambientes virtuais, ao contrário de sistemas IBW existentes. No entanto, o INVENTE depende de protocolos que só recentemente se tornaram disponíveis e que ainda demandarão algum tempo antes de se tornarem disponíveis para toda a Internet.

No sentido de adequar o INVENTE cada vez mais às necessidades da Educação Profissional, pretende-se desenvolver futuros trabalhos nas seguintes áreas:

- Realidade Virtual: pesquisa de ferramentas que permitam a modelagem e o desenvolvimento de ambientes tridimensionais capazes de manter interação com alunos e professores com o maior grau de realidade permitido pela tecnologia disponível
- Aplicações Tecnológicas: Pretende-se agregar aplicações voltadas mais para cada curso técnico e tecnológico. Algumas dessas aplicações já estão sendo desenvolvidas por outros grupos de pesquisa do próprio CEFET-CE.
- Segurança: Esquemas mais rigorosos de segurança utilizando criptografia deverão ser utilizados para proteger os dados existentes nos servidores do INVENTE.
- Aprendizagem Distribuída: De modo a viabilizar o desenvolvimento de especificações técnicas que possibilite a criação de um *framework* comum para geração de informação, permitindo, assim, a interação entre diferentes sistemas IBW, a organização EDUCAUSE ^[55] está propondo o projeto IMS (Instructional

Management Systems). O INVENTE deverá adequar-se aos padrões definidos nesse fórum, a medida que eles forem aparecendo.

Não se poderia, finalmente, terminar este trabalho sem chamar a atenção para o fato que todo esforço no sentido de se implantar as tecnologias discutidas ao longo deste trabalho deve vir acompanhado de uma preocupação extra para que os benefícios decorrentes seja estendidos a todos, e não fiquem restritos aos círculos acadêmicos ou a uma parte da sociedade que tenha dinheiro suficiente para adquirir os equipamentos necessários. O Apêndice 2 faz uma digressão mais detalhada sobre esta questão.

Apêndice 1:

Os pesquisadores que estudam o emprego da tecnologia a serviço da Educação, principalmente da área de Informática, parecem ter adotado, após intermináveis debates em listas de discussão, a grafia Educação à distância -sem crase- em vez de Educação à Distância. Neste trabalho, porém, resolvi atender ao conselho do gramático Adriano da Gama Kury, membro da Academia Brasileira de Filologia, que defende a notação com crase, a meu ver, correta, em seu livro *Ortografia, pontuação, crase*. Reproduzo, aqui, sua argumentação:

Muitos gramáticos, sem levar em conta o uso bastante generalizado, querem que a locução *à distância*, quando indeterminada, se escreva sem acento; este só caberia, a seu ver, quando a locução viesse determinada, p. ex.: "*á distância* de um fio de cambraia" (*Brás Cubas*, cap. CHI).

Não tem fundamento essa distinção: esquecem esses gramáticos que *à distância* equivale a *NA distância* (onde aparecem preposição e artigo):

"Um relógio, *NA distância*, bateu dez horas." (Afonso Schmidt, *Aventuras de Indalécio*, São Paulo, Clube do Livro, 1951, p. 141.)

"Uma torre branca e aguda apontou *NA distância*, furando o céu" (Id., *Bom Tempo*, São Paulo, Clube do Livro, 1956, p. 73.)

"O pai manda um grito/ Tão *NA distância*, tão longe,? Que o corpo do mundo treme." (Murilo Mendes, "O Concerto".)

"Era uma planície sem fim, com o céu ao fundo ... E ao longe ... a cidade se esfumava *NA distância*." (Branquinho da Fonseca, *Rio Turvo*, 2ª ed., Lisboa, Portugália Ed., 1963, p. 10.) [Nesta passagem se encontram dois exemplos de locuções semelhantes, com substantivos masculinos, em que aparecem a preposição *a* e o artigo *o*: *AO fundo* e *AO longe*.]

Vejam-se alguns exemplos, em bons escritores, de *à distância*:

De Rui Barbosa:

"Destes cimios,... o Colégio Anchieta nos estende *À distância* os braços." (*Discurso no Colégio Anchieta*, Rio, 1953, p.7.)

"Achava-se ali *À distância*, um amigo, que me aguardava." (*Queda do Império*, vol. I, Rio, 1921, p. LXX.)

"Mais fácil é sempre um não *À distância* que rosto a rosto."(Ib., p. Lxxii.)

De Mário Barreto:

"A metátase... é em geral provocada por uma atração *À distância*." (*Novíssimos Estudos da Língua Portuguesa*, 2 ed., Rio, Livr. Francisco Alves, pag. 47.)

De Raul Pompéia:

"*À distância*, viam-se janelas de uma parte da casa." (*O Ateneu*, 4^a ed., Rio, Livr. Francisco Alves, p. 49.)

De Gilberto Amado:

"Vultos desenhavam *À distância*, fazendo-me estremecer." (*História da Minha Infância*, Rio, Livr. José Olímpio, 1958, p. 206.)

De Ciro dos Anjos:

"Camaradas vigiam *À distância*." (*Montanha*, Rio, Livr. José Olímpio, 1956, p. 28.)

"Relampagueiam faróis de carros da comitiva, que se conservam *À distância*, por causa do pó." (Ib., p. 275.)

De Guimarães Rosa:

"E o povo encheu a rua, *À distância*, para ver." *Sagarana*, 4 ed., Rio, Livr. José Olímpio, 1956, p. 373.)

De José Cardoso Pires (português):

"*À distância*, o pescador em viagem julgou tratar-se de algum cadáver sobrevoado por pássaros vorazes." (*Jogos de Azar*, 2 ed., Lisboa, Ulisseia, 1966, p.9.)

"Mal o conheceram *À distância*." (Ib., p. 198.)

Apêndice 2

Relativizando a importância da tecnologia

Se a introdução deste trabalho foi uma apologia aos avanços científicos e conquistas na área da informática e em particular na área de redes de computadores e videoconferência, sinto-me na obrigação de abordar nesta conclusão o outro lado, ou seja, o viés social de toda essa revolução tecnológica e suas conseqüências para a população. Na realidade, não vejo sequer estes dois assuntos como questões distintas, mas apenas pontos de vista diferentes da mesma questão. A exaltação à tecnologia contida na introdução e (mal) disfarçada ao longo de todo este trabalho reflete a opinião de alguém que vem usufruindo das vantagens da revolução tecnológica. Contudo, sentir-me-ia, no mínimo, omissos, se não abordasse aqui, também, o ponto de vista dos excluídos, daqueles que sequer têm consciência de sua exclusão.

"Estamos no limiar de uma nova era", afirmou-se na introdução completando o raciocínio com uma enumeração de tecnologias - computadores, telecomunicações, televisão - que incrementariam a capacidade de trabalho do homem. No entanto, a complementação desta mesma frase, feita por um excluído tecnológico poderia ser, por exemplo, "...e não há mais emprego para mim, pois todas as profissões exigem experiência com computador" ou, talvez, "...porém, não consigo falar com meus pais, que moram em uma cidade do interior que não possui sequer telefone" ou, ainda, "...mas meus filhos só têm acesso a uma educação de baixo nível, feita por meio da televisão". Notar que as mesmas palavras -computador, telecomunicações e televisão - podem não

ser percebidas com o mesmo entusiasmo por pessoas que se encontram à margem dessa revolução tecnológica.

Bem, até aí nenhum problema, se esses excluídos não fossem a maioria da população brasileira e mundial. Certamente o significado da expressão "nova era" para essas pessoas esteja mais ligado à idéia de miséria, violência, ignorância, enfim, de exclusão social, econômica e política.

Possivelmente o prenuncio dessa outra "nova era" tenha sido feito por Margareth Thatcher, ao afirmar que desconhecia o significado da palavra "sociedade" e que, para ela, só havia a noção de indivíduo. Segundo a ex-primeira ministra inglesa, as pessoas só se preocupariam com elas próprias e que "sociedade" seria apenas uma palavra vazia de significado. Não é de se admirar que um sistema que já é desigual, em que as pessoas tenham oportunidades assimétricas e que, ainda por cima, percam a noção de coletividade, tende a permanecer desigual ou aumentar ainda mais as discrepâncias.

Tal comportamento, no entanto, parece ser infelizmente uma tendência do neo-liberalismo, modelo político-econômico defendido por Thatcher. Modelo este que se tornou unanimidade entre governantes de quase todo o mundo, embora alguns deles, às vezes, tentem disfarçar tal postura adotando outros nomes para o neo-liberalismo (Social Democracia, por exemplo, é uma escolha bastante em voga atualmente entre os chefes de diversos países).

Não parece ser democracia e muito menos social um sistema em que a educação de qualidade não é acessível a todos. Não pode haver Democracia em um país de ignorantes. Sabe-se que os problemas da maioria da população brasileira vai bem mais além:

habitação, saúde, desemprego, etc. Mas dê-se ao povo educação e espere que o resto vem como uma decorrência, pois um povo esclarecido saberá lutar por seus direitos e por tudo aquilo que venha a melhorar sua qualidade de vida. E os políticos que acharem alto o custo da educação, experimentem o custo da ignorância, barato a curto prazo, mas altíssimo a longo prazo, lembra-nos o professor Tércio Pacitti⁵², em seu livro *Do Fortran à Internet: no rastro da trilogia educação, pesquisa e desenvolvimento*. Conforme afirma, "não se pode pensar na era da informação com uma sociedade totalmente carente. Antes de ficarmos deslumbrados com o que a alta tecnologia da nova sociedade pode nos propiciar, precisamos estar conscientes de que existem problemas básicos educacionais (e sua conseqüência social) que ainda não foram solucionados para o povo". E lembra-nos, mais adiante: "a ignorância pode estar em todos os níveis hierárquicos (...), mas, quando acontece estar nos níveis mais alto, gera calamidade. Veja o que acontece em algumas nações emergentes africanas de nível educacional mais baixo!".

Se a ignorância generalizada leva ao caos, um regime com apenas uma elite de esclarecidos e o resto da população ignorante tampouco é interessante. Como nos indaga o professor Pacitti, "o que adianta ser rodeado de extrema pobreza? O que adianta uma casa de alto luxo construída dentro de uma favela? Que problemas traria? O que adianta possuir alta cultura ou instrução e conviver com a ignorância? O que adianta possuir recursos de informática, se os usuários potenciais forem analfabetos? O que adianta ser forte, ter poder sobre um povo indolente, inseqüente e improdutivo?"

É triste saber que existem vagas de trabalho, mas que não podem ser preenchidas por uma verdadeira multidão de desempregados sem preparo, treinamento ou consciência dessa

nova realidade tecnológica. Repito aqui uma parábola contada pelo professor Pacitti, que fala do burro que perdeu o emprego nas carruagens depois da invenção do automóvel e, justamente por ser burro -conotativamente e denotativamente-, jamais aprenderia a dirigir automóveis e permaneceria desempregado.

É importante que novas tecnologias apareçam para facilitar a vida das pessoas. Mais importante, porém, é que, quaisquer benefícios possam ser estendidos a todos e não sirvam como um elemento segregador, a separar pobres de ricos, nações desenvolvidas de subdesenvolvidas. Só então valerá a pena fazer qualquer exaltação ao progresso tecnológico.

Referências Bibliográficas

¹ Moura, César Olavo de M., Oliveira, Mauro; "Videoconferência em Educação à Distância, 1ª ed., Fortaleza, Editora CEFET-CE, 1998.

[2] Orfali, R.; Harkey, D. e Edwards, J. - 'The Essential Client/Server Survival Guide' (2nd Edition) - John Wiley & Sons, 1996

[3] Frederick, R., 'Experiences with real-time software video compression,' 22 de julho de 1994, <<ftp://parcftp.xerox.com/pub/net-research/nv-paper.ps>>.

[4] Yoakam, M., "Distance Learning: An Introduction" http://www.ihets.org/distance_ed/ipse/fdhandbook/dist_lrn.html

[5] Perraton, H. (1988). "A Theory for Distance Education" in D. Stewart, D. Keegan & B. Holmberg - Distance Education: International Perspectives - New York: Routledge.

[6] Jonassen, D.H. (1992) "Applications and limitations of hypertext technology for distance learning"

⁷ Keegan, D.; "The foundations of distance education". London: Croom Heim. 1986

⁸ Garrison, D.R., & Shale, D. (1987) 'Mapping the boundaries of distance education:

Problems in defining the field" - The American Journal of Distance Education.

[9] Sherry, L. "Issues in distance learning" - International Journal of Distance Education (1996).

[10] Schamber, L. (1988) "Delivery systems for distance education" in Sherry, L. 'Issues in distance learning' - International Journal of Distance Education (1996).

[11] Millbank, G. (1994). Writing multimedia training with integrated simulation. Vancouver,; The University of British Columbia Continuing Studies.

[12] Papert, S.; Introduction in Harel, Idit (ed.) Constructionist learning. The Media Laboratory, MIT: Cambridge, MA. 1991

[13] Hoffstetter, F; "Cognitive versus Behavioral Psychology"
<http://www.udel.edu/fth/pbs/webmodel.htm>

[13] Hoffstetter, F; "Cognitive versus Behavioral Psychology"
<http://www.udel.edu/fth/pbs/webmodel.htm>

' ' Lucena, C. J. P., Notas de aula do Curso de Sociedade da Informação, disponíveis no site do AulaNet da PUC-Rio, <http://www.inf.puc-rio.br/AulaNet>.

[1] Lucena, C. J. P., Fuks, H. et al; AulaNetAn Environment for the Development and Maintenance of Courses on the Web, Proceedings of ICEE'98 - International Conference on Engineering Education, Rio de Janeiro, Agosto (1998)

[19] Malone, T.; Towards a Theory of Intrinsically Motivating Instruction", Cognitive Science, 4, 333-369, 1981

[20] P. Dushastel; "A Motivational Framework for Web-Based Instruction", B. Khan (Ed.), Web-Based Instruction, Educational Technology Education, 1997

[21] Virgínia Commonwealth University, < <http://views.vcu.edu/wcb/intro/wcbintro.html>>.

t²² University of British Columbia, <<http://homebrew.cs.ubc.ca/webct/>>.

f²³ LearningSpace, <<http://www.lotus.com/home.nsf/welcome/learnspace>>

[24] Simon Fraser University, <<http://virtual-u.cs.sfu.ca/vuweb/>>.

[25] Reed, J. - "Applications Design Team/Wired Learning URL" <http://www.kn.pacbeP.com/vidconf>

[26] Pequeno, M. "Infra-Estrutura Física e Tecnológica para Rede de Videoconferência do Estado do Ceará" - Projeto submetido à Finep (1998)

[27] Oliveira, J.C.; Soares, L.F.G.; "TVS - Um Sistema de Videoconferência com Documentos Compartilhados sobre a Arquitetura HyperProp"; submetido ao II WOSH (Workshop em Sistema HiperMídia) no XIV SBRC - Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Fortaleza, 20 a 23 de Maio de 1996.

[28] Pan, D., "Digital Audio Compression," Digital Technical Journal, Vol. 5 No. 2, primavera de 1993, pp. 28-40, <<ftp://ftp.digital.com/pub/Digital/info/DTJ/v5n2/mm-05-audio-compress.ps>>.

[29] Rettinger, Leigh Anne, "Desktop Videoconferencing: Technology and Use for Remote Seminar Delivery" Raleigh, 1995.

[30] Rossum, G. van, "Frequently Asked Questions: Audio File Formats," Janeiro de 1995, <ftp://ftp.cwi.nl/pub/audio/AudioFormats.part1> e <ftp://ftp.cwi.nl/pub/audio/AudioFormats.part2>

[31] Alfano, M. e Radouniklis, E.,. *A cooperative multimedia environment with QoS Control: Architectural and implementation issues*. International Computer Science Institute Technical Report TR-96-040, Setembro de 1996.

[32] ITU-T Recommendation H.320, "Narrow-Band Visual Telephone Systems and Terminal Equipment," Março de 1993, <http://www.itu.int/itudoc/itu-t/rec/h/h320.html>

[33] Recommendation H.323 (02/98) - Packet-based multimedia Communications systems, <http://www.itu.int/itudoc/itu-t/rec/h/h323.html>

[34] Recommendation H.324 (02/98) - Terminal for low bit-rate Multimedia Communication, http://www.itu.int/itudoc/itu-t/rec/h/h3_24.html

[35] Jacobson, V., "The Mbone - Interactive Multimedia on the Internet," slides from a presentation given at U.C. Berkeley (and on the Mbone), 17 de fevereiro de 1995, <ftp://ftp.ee.lbl.gov/talks/vj-ucb-feb17.ps.Z>

[36] Estrin, Judy e Casner, Stephen, "Multimedia Over IP: Specs Show the Way" http://www.precept.com/Multimedia_Over_IP.html

[37] S. Deering, "Host Extensions for IP Multicasting," Internet Request For Comment 1112, agosto de 1989, <<http://ds.internic.net/rfc/rfcl112.txt>>.

[38] Casner, "Frequently Asked Questions (FAQ) on the multicast Backbone", 1994, <ftp://venera.isi.edu/mbone/faq.txt>.

[39] Chunlei, L, "Multimedia Over IP: RSVP, RTP, RTCP, RTSP - http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-97/ip_multimedia/index.htm

^{t40]} Sattler, M., "Página WWW "CU-SeeMe Desktop Videoconferencing," Junho de 1995, <<http://www.indstate.edu/msattler/sci-tech/comp/CU-SeeMe/>>.

^ The Java Tutorial, <http://java.sun.com/docs/books/tutorial>, 1998, Sun Microsystems.

[42] Davidson, J. D., "Java Servlet API Specification", 1998, Sun Microsystems.

[43] Crawford, W., "Developing Java Servlets", 1997, Web Review (outubro).

[44] Darby, C, Developing 3-Tier Database Applications with Java Servlets, 1998, SYSCOM Interactive - Java Developers Journal

[45] Fundamentals of Java Servlets: The Java Applet API, 1998, MageLang institute.

[46] The Java Servlet API, <http://iserv.iavasoft.com/products/iava-server/documentation/webserver1.0.2/servlets/api>, 1998, Sun Microsystems.

[47] Siple, M. D., The Complete Guide to Java Database Programming with JDBC, 1998, McGraw Hill

[48] Carneiro, M. A.; LDB fácil: leitura crítico-compreensiva artigo a artigo - Petrópolis, RJ-Ed. Vozes 1998

[49] Stanton, M. A.; Barra, L.F.S; Bastos C.A.M. - "Integração de Serviços na Internet"; minicurso apresentado no XVII SBRC - Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Fortaleza, 20 a 23 de Maio de 1996.

[50] Tang, J., e Isaacs, E., "Why Do Users Like Video? Studies of Multimedia-Supported Collaboration," Sun Microsystems Laboratories Inc. Relatório técnico TR-92-5, Dezembro de 1992, <http://www.sun.com/tech/projects/coco/papers.html>

[51] Rodgers, Al, "The Failure and the Promise of Technology in Education" , Global SchoolNet Articles , dezembro 1996, <http://www.gsn.org/gsn/articles/promise.html>

[52] Pacitti, T., "Do Fortran... à Internet: no rastro da trilogia educação, pesquisa e

desenvolvimento" São Paulo, 1998 Makron Books do Brasil

[53] McGowan, John F., AVI Overview - <http://www.rahul.net/jfm> acessado em 10/03/98

[54] Jeffries, M., "Research in Distance Education" http://www.ind.net/IPSE/fdhandbook/dist_lrn.html, acessado em março de 1998.

[55] Projeto IMS; EDUCAUSE , <http://www.imsproject.org/specs.html>

[56] Hazari, S. I. (1998). Evaluation and selection of web course management tools.
<http://sunil.umd.edu/webct>