

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

**Pedro Chaves da Rocha**

**UMA ARQUITETURA DE BIBLIOTECA DIGITAL  
ESCALÁVEL**

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

**Prof. Dr. Roberto Willrich**

**Florianópolis, 25 de Abril de 2002**

# UMA ARQUITETURA DE BIBLIOTECA DIGITAL ESCALÁVEL

Pedro Chaves da Rocha

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

---

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

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Roberto Willrich (Orientador)  
INE/UFSC

---

Prof. Dr. Vítório Bruno Mazzola  
INE/UFSC

---

Prof. Dr. Rosvelter Coelho da Costa  
INE/UFSC

**Dedicatória:**

Dedico este trabalho a minha irmã Ziva (em memória) por sua importância na minha vida, e a minha namorada Luciani pelo seu apoio e paciência comigo durante este período.

## **Agradecimentos:**

**Deus**, pela iluminação permanente em minha vida;

**Prof. Dr. Roberto Willrich**, meu Orientador, por compartilhar seu valioso conhecimento e por ter acreditado no meu esforço.

## ÍNDICE

<b>Capítulo 1. Introdução</b>	<b>11</b>
<b>Capítulo 2. Bibliotecas Digitais</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Definições e Conceitos</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Etapas para o desenvolvimento de Bibliotecas Digitais</b>	<b>17</b>
2.2.1 Criação e captura	17
2.2.2 Gerência e armazenamento	17
2.2.3 Busca e acesso	17
2.2.4 Disponibilização	18
2.2.5 Tratamento de direitos autorais	18
<b>2.3 Tipos de Arquitetura para Bibliotecas Digitais</b>	<b>18</b>
<b>2.4 Arquiteturas de Bibliotecas Digitais</b>	<b>19</b>
2.4.1 Arquitetura para Informações em Bibliotecas Digitais de [Arms, 1997]	19
2.4.2 Arquitetura apresentada por (PULLIAN, 1996)	21
2.4.3 Arquitetura da Biblioteca Digital de Berkeley	22
2.4.4 Biblioteca Digital Multimídia PSNC	23
2.4.5 Arquitetura de um sistema CBVQ ( <i>Content-Based Video Query</i> ) [Chang, 1997]	25
<b>2.5 Conclusão</b>	<b>26</b>
<b>Capítulo 3. Biblioteca Digital Multimídia Distribuída [Pistori, 2000]</b>	<b>29</b>
<b>3.1 Arquitetura Proposta</b>	<b>30</b>
3.1.1 Interface-Usuário	30
3.1.2 Interface-Autor	37
3.1.3 Interface-Administrador	40
3.1.4 Servidor <i>Web</i>	41
3.1.5 Gerenciador da BDMm (GBDMm) e Interface de Acesso aos Metadados (ICAMD)	42
3.1.6 Funcionamento da busca simplificada	42
3.1.7 Funcionamento da busca avançada	43
3.1.8 Funcionamento da busca distribuída	43
3.1.9 Gateway	44
3.1.10 Cliente Z39.50	45
3.1.11 Servidor Z39.50	45
3.1.12 Repositório de Metadados (RM)	45
3.1.13 Servidores de Mídia	46
<b>3.2 Conclusão</b>	<b>47</b>
<b>Capítulo 4. Escalabilidade</b>	<b>48</b>
<b>4.1 Escalabilidade em Sistemas Distribuído</b>	<b>49</b>
<b>4.2 Desenvolvimento de Sistemas Distribuídos</b>	<b>52</b>
<b>4.3 Escalabilidade em Vídeo sob Demanda</b>	<b>56</b>
4.3.1 Arquitetura dos Sistemas de Servidores de Vídeo Escalável	56
4.3.2 Conjuntos de Servidores	59
4.3.3 Projeto ANSP [Ruggiero, 2000]	60
4.3.4 Dyna Video [Leite, 2001]	60
<b>4.4 Conclusão</b>	<b>61</b>
<b>Capítulo 5. Uma Arquitetura Escalável para a Biblioteca Digital Multimídia Distribuída</b>	<b>63</b>
<b>5.1 Arquitetura Proposta</b>	<b>64</b>
5.1.1 Repositório de Metadados (RM)	65

5.1.2	Balanceador de Carga	67
5.1.3	Conclusão	72
Capítulo 6.	Conclusão Final	74
	MySQL	77
	PHP (Pré-Hypertext Processor)	78
	BIBLIOGRAFIA	84

## Lista de Figuras

Fig. 2.1 Principais componentes da arquitetura da digital [Arms, 1997]	19
Fig. 2.2 Estrutura básica de uma biblioteca digital	22
Fig. 2.3 Arquitetura da Biblioteca Digital de Berkeley	23
Fig. 2.4 Biblioteca Digital no PSNC	25
Fig. 2.5 Arquitetura geral do sistema CBVQ [Chang, 1997]	26
Fig. 3.1 Arquitetura proposta para a BDMm [Pistori, 2000]	30
Fig. 3.2 Formulário para a busca simplificada	32
Fig. 3.3 Formulário para busca avançada	34
Fig. 3.4 Tela de apresentação do resultado da busca	35
Fig. 3.5 Tela de apresentação do resultado da busca distribuída	36
Fig. 3.6 Tela de recuperação da mídia (vídeo)	37
Fig. 3.7 Tela de autorização do autor	39
Fig. 3.8 Formulário de cadastramento do objeto digital	40
Fig. 3.9 Interface-Administrador	42
Fig. 3.10 Funcionamento da busca distribuída	44
Fig. 4.1. Grandes congestionamentos que os desenvolvedores tentam evitar nos grandes sistemas distribuídos.	51
Fig 4.2 Multicomponentes, caminho entre usuário e serviço	53
Fig. 4.3 Arquitetura de Servidor de Vídeo	58
Fig. 5.1 Arquitetura proposta para Escalabilidade no acesso e busca em BDMm	65
Fig.5.2: Representação da lista dos metadados(Acessos concorrentes á mídia(lista), Servidor com replicação da mídia(lista)) na tabela de metadados	66
Fig. 5.3 Fluxograma da lógica de execução do balanceador	68
Fig. 5.4 Fluxograma do Controlador de apresentação da mídia	69

## **Lista de Tabelas**

Tab 1. ANEXO 2 ESQUEMA UTILIZADO REPOSITÓRIO DE METADADOS	80
---	----



## Lista de Siglas

ATM.....	Asynch Transfer Moderonous
BDMm.....	Biblioteca Digital Multimídia
CGI.....	Common Gateway Interface
DBA.....	Database Administrator
DNS.....	Domain Named Server
FTP.....	File Transfer Protocol
HTML.....	Hyper Text Markup Language
HTTP.....	Hyper Text Transfer Protocol
IP.....	Internet Protocol
ISO.....	International Organization for Standardization
JDBC.....	Java DataBase Connectivity
OCR.....	Optical Character Recognition
PHP.....	Pré-Hypertext Processor
PSNC.....	Pozna Supercomputing and Networking Centre
RAP.....	Repertory Access Protocol
RMAV-FLN.....	Rede Metropolitana de Alta velocidade de Florianópolis
SGBD.....	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SQL.....	Structured Query Language
WWW.....	World Wide Web

## RESUMO

As bibliotecas digitais se diferem das convencionais, pois todo o seu acervo é digital, podendo-se armazenar textos, imagens, áudios, vídeos, e outros tipos mídias. O tema é bastante recente, e ainda não se chegou a um padrão para a criação de bibliotecas digitais. Já existem várias pesquisas que buscam a melhor arquitetura a ser utilizada na criação de bibliotecas digitais. A escalabilidade de bibliotecas digitais, capacidade de o sistema operar adequadamente apesar do incremento do número de usuário, é um assunto pouco abordado nas várias arquiteturas de bibliotecas digitais identificadas. Este estudo de dissertação de mestrado visa identificar quais os requisitos necessários para o desenvolvimento de uma biblioteca digital multimídia distribuída escalável, bem como definir a arquitetura de implementação e o gerenciamento da mesma. Esta arquitetura é uma extensão da arquitetura da Biblioteca Digital Multimídia (BDMm) visando aumentar o nível de escalabilidade desta arquitetura.

## ABSTRACT

Digital libraries differ from the conventional ones because all their content is digital, they are able to handle texts, still pictures, audios, videos and other kinds of information sources. The subject is sufficiently recent and there are not standards for the creation of digital libraries. The scalability in digital libraries, the capacity of the system to operate adequately despite the increasing of the number of clients, is a subject still not very explored. The present work identifies the requirements for a scalable distributed digital library and defines the implementation architecture and its management. This architecture will be an extension of the Multimedia Digital Library (BDMm) increasing the scalability of this architecture.

## Capítulo 1. Introdução

A rotina dos cortes nas verbas das **bibliotecas tradicionais** tem determinado que o acesso a novos livros e periódicos se torne progressivamente mais difícil. Os custos de produção e distribuição destes documentos têm aumentado consistentemente.

A maioria das bibliotecas tradicionais migrou para as chamadas **bibliotecas polimídias**, que são similares às tradicionais, porém convivendo com os livros estão, também, vídeos, fitas, CD-ROMs, microfilmes, etc. Embora tenha havido um avanço tecnológico considerável, as bibliotecas polimídias requerem altos investimentos devido a necessidade de manter cópias do acervo para atender os usuários e manter ambientes adequados para conservação das mídias em bom estado.

Como em toda área do conhecimento humano, o grande avanço da informática também modificou o modo de operação das bibliotecas, surgindo as chamadas **bibliotecas eletrônicas**. Este tipo de biblioteca pressupõe a existência de um acervo físico, utilizam recursos computacionais de uma forma ampla para armazenamento e recuperação de registros, construção e disponibilização de índices eletrônicos, busca e recuperação de textos completos em outras bibliotecas eletrônicas.

Atualmente, com a evolução na área informática (documentação eletrônica, redes de computadores, servidores, etc.) a produção e distribuição de documentos eletrônicos em CD-ROMs e, principalmente, na Internet oferecem inúmeras vantagens, tais como: custo reduzido; velocidade de processamento; amplitude potencial de acesso e disseminação; inclusão de dados baseados em tempo (vídeo, áudio, animações); facilidade de atualização e/ou inclusão de novos dados; digitalização do acervo; funções de busca e indexação de artigos;

Esta evolução possibilitou a criação de **bibliotecas digitais**. Este tipo de biblioteca se difere das anteriores porque suas informações existem somente de forma digital, não contendo livros, vídeos, fitas, etc. na forma convencional. Elas dispõem de todos os recursos de uma biblioteca eletrônica, oferecendo pesquisa e visualização dos documentos (textos, vídeo, etc), tanto local como remotamente por meio de redes de

computadores. A aplicação desse novo conceito promove uma mudança de paradigma nas bibliotecas, o que garante a facilidade e rapidez de acesso global às informações, minimizando as necessidades de aquisição e o acúmulo de coleções.

A transmissão eletrônica da informação dá novo sentido à biblioteca, cujo propósito é tornar o conhecimento mais livre e eficientemente acessível aos usuários finais, integrando múltiplas tecnologias disponíveis, como, por exemplo, distribuição de documentos por meio de telefacímile; catálogo informatizado para acesso público, compartilhado por formatos de dados padronizados (ex: título, autor); inteligência artificial, sistemas especialistas; imagens gráficas melhoradas tecnicamente; artefato digital ótico para sistemas de estocagem; teleconferência, pessoa a pessoa, grupo a grupo; hipermídia; artefato de entrada, para processamento de voz, terminal de toque, disco vídeo/ótico, holografia; artefato de saída, para processamento de voz, painel plano; processo de integração com múltiplas tecnologias para servir a único propósito, alcançando o usuário final; sistema especialista de robótica para recuperação da informação; transmissão por satélites, ISDN e LAN; programa interface para usuário.

Isso, inclusive, já se apresenta como uma possível mudança no paradigma de tratamento e disseminação de informações, representada pelos recursos, atividades e serviços de uma biblioteca tradicional. Essa mudança de paradigma, suportada por tecnologias emergentes, traz um novo horizonte e um conjunto de novos conceitos ao mundo das bibliotecas. No caso de Biblioteca Digital, especificamente, que é uma tecnologia relativamente recente, esta questão se acentua. [Bauwens, 1993] em um documento eletrônico intitulado *The Cybrarians Manifesto* analisando a mudança que as novas tecnologias trazem ao papel do bibliotecário, afirma que esta era uma profissão tradicionalmente ligada a um local (biblioteca) e a um produto (o livro). Seus clientes deveriam transportar-se fisicamente até a biblioteca para acessar a informação desejada. Isto se torna cada vez menos verdadeiro ou necessário atualmente. Está se começando a viver o que Browning chamou de “bibliotecas sem paredes para livros sem páginas”. Neste e em outros campos, as novas tecnologias estão criando sinais que começam a redefinir o que informação e comunicação virão a ser no terceiro milênio, bem como a cultura e os comportamentos oportunizarão.

Um dos grandes problemas na biblioteca digital são as mídias contínuas (fluxo de vídeo e fluxo de áudio) devido ao alto volume de informações que são manipuladas. Este tipo de mídia necessita de grande largura de banda e capacidade de armazenamento. Portanto, os servidores multimídia, que armazenam as mídias em bibliotecas digitais, devem ter alta capacidade de armazenamento e funcionalidades de captura de informações multimídia.

As larguras de banda de rede e de disco, possíveis atualmente, estão em níveis que não satisfazem as necessidades de atendimento da demanda exigida. Isto mostra que a capacidade de largura de banda é finita. Esta deficiência compromete a performance dos servidores para atender a demanda no atendimento ao cliente, precisando recorrer-se a outros recursos para amenizar a largura de banda necessária. Por exemplo, um Web site, mesmo de grande capacidade, congestionará se muitas pessoas acessarem no ao mesmo tempo. Supondo que aproximadamente um bilhão de pessoas serão capazes de acessar a Internet, se somente um por cento deles estiver interessado em um artigo de uma biblioteca digital (a bíblia, que é um tema global), representa um grupo de 10 milhões de pessoas. Se o servidor levar 100 milissegundos para acessar a página da Web, então a população terá de esperar 12 dias para todos verem ao mesmo tempo a página. Portanto, a tecnologia parece instantânea quando é usada em uma pequena escala, mas pode tornar-se ineficiente quando expandida.

As aplicações podem ser distribuídas em uma grande escala, em termos de número de usuários e serviços, quantidade de dados armazenados e manipulados, taxa de processamento, número de nós, cobertura geográfica, tamanho das redes e dispositivos de armazenamentos. Escalabilidade não significa apenas a habilidade para operar, mas operar eficientemente e com qualidade de serviço adequada, sobre um determinado conjunto de configurações dado. O aumento de capacidade deve ser em proporção a qualidade de serviço.

Devido a pouca preocupação com a escalabilidade, atualmente não existem implementações de bibliotecas digitais que trate desta característica. Mas, com a tendência de crescimento do número de usuários, futuramente esta questão será crítica.

Este trabalho pretende propor uma alternativa para minimização do impacto da escalabilidade nas bibliotecas digitais, em relação ao aumento do número de clientes, através do gerenciamento do sistema de busca e acesso de mídias contínuas. Para tal, um dos recursos é utilizar uma infra-estrutura de servidores de mídias contínuas distribuídos. A idéia básica consiste de um balanceamento de carga, através de um balanceador de carga, em um sistema de servidores. As requisições de cada usuário serão gerenciadas pelo balanceador de carga que através de dados de controle e estatísticos redirecionará a solicitação para o servidor mais adequado, ou seja, com as mesmas características e não sobrecarregado. O resultado é que o tráfego da rede ficará mais bem distribuído. O objetivo é permitir um balanceamento da carga nos servidores em função da demanda. Para isto serão avaliados vários mecanismos para aumentar o nível de escalabilidade em relação ao incremento do número de clientes na biblioteca digital distribuída. A vantagem principal para o usuário será uma melhor performance na utilização do sistema, significando mais velocidade na transmissão das informações desejadas.

Este trabalho será uma extensão da arquitetura [Pistori, 2000], visando aumentar o nível de escalabilidade da Biblioteca Digital Multimídia (BDMm). Portanto, para a os testes, implementação e avaliação dos resultados será utilizada a arquitetura mencionada.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta conceitos e definições de biblioteca digital e, também, alguns exemplos de bibliotecas digitais. O capítulo 3 descreve a estrutura da biblioteca digital do [Pistori 2000] com mais detalhes porque é sobre ela que este trabalho será desenvolvido. Como o trabalho está voltado para escalabilidade em biblioteca digital, o capítulo 4 faz uma descrição sobre o tema e apresenta alguns mecanismos encontrados na literatura que serviram de referência para este trabalho. O capítulo 5 apresenta uma arquitetura escalável para biblioteca digital multimídia distribuída. Finalmente, o capítulo 6 destina-se a conclusão da dissertação.

## **Capítulo 2. Bibliotecas Digitais**

Este capítulo apresenta alguns conceitos e definições na área de biblioteca digital. Além disso, o capítulo apresenta algumas arquiteturas de bibliotecas digitais encontradas na literatura atualmente.

### **2.1 Definições e Conceitos**

Bibliotecas digitais são organizações que fornecem recursos, que inclui pessoal especializado para selecionar, estruturar e, oferecer acesso intelectual para, interpretar, distribuir, preservar a integridade e assegurar a persistência dos dados ao longo do tempo, das coleções de trabalhos digitais para que sejam fácil e economicamente disponíveis para uso de uma comunidade definida ou um grupo de comunidades

A idéia de bibliotecas digitais tem feito aflorar diferentes conceitos e sentimentos. Para alguns, significa simplesmente a troca de informações por meio da mídia eletrônica e pode abranger uma grande variedade de aplicativos, desde aqueles que utilizam simples caracteres ASCII, até aqueles que envolvam dados baseados em tempo (como vídeo, áudio, animações, simulações etc.). Para outros, significa a possibilidade de concretizar o visionário sonho do Projeto Xanadu, de Ted Nelson [Xanadu, 2001]: criar uma rede mundial que fosse um grande depositário (potencialmente infinito) de todos os documentos da humanidade. Estes documentos, arquivados em uma estrutura universal de dados, poderiam apontar de modo associativo para outros documentos afins, tendo em comum sua natureza digital e hipertextual, no qual os links redefinem a fronteira entre um documento e outro. Para outros ainda, bibliotecas digitais, desperta um grande medo a obsolescência do bibliotecário, principalmente com o desenvolvimento de interfaces inteligentes que auxiliam os usuários na recuperação de informações on-line. Cada vez mais, entretanto, tal assunto é visto também como [Lancaster, 1994] o percebe, isto é, dentro de uma definição dinâmica, como uma oportunidade para os profissionais da informação de combinar atividades altamente especializadas, exigidas pela realidade tecnológica, bem como de expandir seu campo de trabalho e influência.

[Pullian, 1996] define brevemente biblioteca digital como sendo uma infraestrutura de informações eletrônicas, em forma padronizada, que permite: a) o armazenamento distribuído de dados sobre uma região geograficamente grande, b) procura e acesso através de elos (links hipertextuais) e c) operações transparentes ao usuário final. Em termos mais simples, bibliotecas digitais poderiam ser definidas como sistemas capazes de armazenar dados em vários sites e fornecer ao usuário uma interface para a procura de informações sobre estes vários repositórios em um único passo.

Idealmente, uma biblioteca digital deveria transmitir informações para qualquer um, em qualquer lugar, a qualquer tempo. Mas muitas redes de computadores de hoje não satisfazem o requisito de grande largura de banda das bibliotecas digitais [Pohlmann, 1998].

A maioria das definições de bibliotecas digitais identificam que [Sunsite, 1995]:

- ⌘ Biblioteca digital não é uma entidade única.
- ⌘ Biblioteca digital requer tecnologia para ligar recursos distribuídos.
- ⌘ As ligações entre as várias bibliotecas digitais e serviços de informação são transparentes ao usuário final.
- ⌘ Acesso universal às bibliotecas digitais e serviços de informação é uma meta.
- ⌘ Coleções das bibliotecas digitais não são limitadas a armazenamento de documentos textuais, gráficos e imagens; elas incluem outros tipos de meios de apresentação que não podem ser representadas ou distribuídos no formato impresso, como áudio e vídeo.



## **2.2 Etapas para o desenvolvimento de Bibliotecas Digitais**

As principais funções que concorrem para o desenvolvimento de um projeto de criação de uma biblioteca digital são [Pistori, 2000]: criação e captura, gerenciamento e armazenamento, busca e acesso, disponibilização e tratamento de direitos autorais.

### **2.2.1 Criação e captura**

Envolve os processos de estudo e definição dos objetos a serem disponibilizados. Estes objetos podem ser produzidos originalmente sob forma digital (documentos produzidos por editores de texto, por exemplo), ou passarem por um processo de digitalização (por exemplo, um manuscrito). Assim, a criação envolve a disponibilização de um documento sob forma digital; e a captura, a transformação de um documento do formato não-digital para o digital.

### **2.2.2 Gerência e armazenamento**

O armazenamento no formato digital envolve sempre grandes objetos em quantidade sempre crescente e que devem ser preservados indefinidamente. Essa função implica na definição de mecanismos de armazenamento que, por razões de desempenho, devem prever a distribuição dos objetos em múltiplos servidores e o mais próximo possível dos usuários. Além disto, é necessário definir procedimentos de backup automático e prover recursos de migração para novas tecnologias.

### **2.2.3 Busca e acesso**

A indexação de objetos no formato digital normalmente é feita utilizando-se bases de dados separadas para os índices (catálogo) e para os objetos digitais. Estes índices, além de permitir a pesquisa por elementos tradicionais de identificação dos objetos digitais, tais como autores, títulos, assuntos, abstracts e palavras-chaves, devem permitir, também, pesquisa no conteúdo dos objetos digitais, como por exemplo, no texto completo (full text), no conteúdo das imagens (cor, forma, textura, etc). Deve-se definir se a biblioteca digital conterà somente links para o seu acervo, ou se conterà também índices para dados virtuais em outras bibliotecas digitais. As ferramentas de

consulta devem prever a utilização da lógica booleana, pesquisa em linguagem natural, parâmetros fonéticos e técnicas de inteligência artificial.

#### **2.2.4 Disponibilização**

Esta função trata do planejamento da infra-estrutura física de comunicação necessária para que as bibliotecas digitais possam prover acesso a todos os seus objetos digitalizados, por qualquer pessoa, a qualquer hora e de qualquer lugar.

#### **2.2.5 Tratamento de direitos autorais**

Estabelece mecanismos de proteção dos documentos contidos em bibliotecas digitais, prevendo critérios para acesso integral ou parcial a objetos digitalizados, mecanismos para liberação de cópias, remuneração dos autores, etc. Atualmente, este é um dos temas que envolvem grande discussão.

### **2.3 Tipos de Arquitetura para Bibliotecas Digitais**

As arquiteturas para Bibliotecas digitais podem ser centralizadas e distribuídas [Pistori, 2000].

- ≠ **Arquitetura centralizada** - Em uma biblioteca centralizada os objetos que compõem as coleções podem ser armazenados em servidores distintos, mas o gerenciamento e busca é feita de forma centralizada, possuindo quase as mesmas características da distribuída, porém não se preocupando com interoperabilidade entre bibliotecas digitais.
- ≠ **Arquitetura distribuída** - A distribuição aqui se refere à existência de diversas bibliotecas digitais que poderiam ser acessadas via uma interface única do cliente. Nas bibliotecas digitais distribuídas, o gerenciamento de seu acervo é centralizado, mas tanto a busca quanto o armazenamento são distribuídos. Nesses tipos de bibliotecas é necessária a utilização de padrões de interoperabilidade (protocolo), garantindo a comunicação entre as diversas bibliotecas digitais e participantes do sistema. O padrão mais adotado pelas bibliotecas digitais é o ISO Z39.50 (ISO, 1997), protocolo já bastante utilizado nas bibliotecas eletrônicas.

## 2.4 Arquiteturas de Bibliotecas Digitais

Nesta seção serão apresentadas algumas das arquiteturas encontradas na literatura, que permitem a visualização da operacionalidade da biblioteca digital.

### 2.4.1 Arquitetura para Informações em Bibliotecas Digitais de [Arms, 1997]

A Fig. 2.1 apresenta os componentes-chave da arquitetura proposta por [Arms, 1997]. Eles rodam em uma variedade de sistemas computacionais conectados por uma rede de computadores.

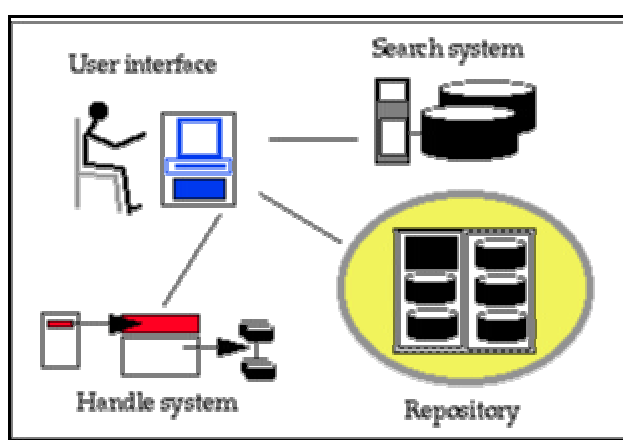


Fig. 2.1 Principais componentes da arquitetura da biblioteca digital [ARMS, 1997]

Baseado nesta arquitetura, foi implementado um sistema piloto cujas componentes principais são:

- ≠ **Interfaces com o usuário:** são duas interfaces: uma para o usuário da biblioteca e outra para os administradores da biblioteca que gerenciam a coleção. Elas são páginas *Web* interpretadas por qualquer navegador *Web*. Os navegadores conectam aos ‘**serviços clientes**’, que fornecem funções intermediárias entre o navegador e as outras partes do sistema. Os serviços-cliente permitem ao usuário decidir onde buscar e o que acessar; ele interpreta informações estruturadas como objetos digitais (componentes da coleção); ele negocia termos e condições, gerencia relacionamentos entre objetos digitais, lembra o estado da interação, e converte entre os protocolos usados pelas várias partes do sistema.
- ≠ **Repositório:** armazena e gerencia objetos digitais e outras informações. Uma grande biblioteca digital pode ter vários repositórios de vários tipos, incluindo

repositórios modernos, BD, servidores *Web*. A interface para este repositório é chamado protocolo de acesso ao repositório *Repertory Access Protocol* (RAP). Características do RAP são reconhecimento explícito de direitos e permissões que necessitam ser satisfeitos antes do cliente acessar o objeto digital, suportar uma grande faixa de disseminações de objetos digitais, e uma arquitetura aberta com interfaces bem definidas.

- ⌘ **Sistema *Handle*:** *Handles* são identificadores únicos de propósito geral que podem ser usados para identificar objetos digitais e gerenciar objetos armazenados em qualquer repositório ou BD. Um *handle* faz parte do metadado<sup>1</sup> que descreve o objeto digital. O sistema *handle* é um sistema computacional que fornece um serviço de diretório distribuído para identificadores (*handles*) para recursos Internet. Quando usado com repositórios, o sistema *handle* recebe como entrada um identificador para um objeto digital e retorna o identificador do repositório onde o objeto está armazenado.
- ⌘ **Sistema de procura:** o projeto do sistema da biblioteca digital assume que haverá vários índices e catálogos que podem ser procurados para descobrir a informação antes de obtê-la de um repositório.

Para entender as funções destes componentes, será apresentado um exemplo de busca de uma informação:

- ⌘ O primeiro passo é procurar a informação, neste caso uma determinada fotografia digitalizada. Os serviços-cliente fornecem ao usuário um formulário para busca via navegador. O usuário preenche o formulário com uma consulta de busca (*search query*), perguntando pela fotografia. O formulário completado é enviado aos serviços-cliente. Estes transladam a questão nos formatos e protocolos requeridos pelo sistema de busca. O sistema de busca pode usar o Z39.50, por exemplo. Os serviços-cliente conduzem uma seção Z39.50 com o sistema de busca e obtêm a lista dos objetos digitais que satisfazem a pergunta. Cada objeto digital é identificado por seu *handle*.

---

<sup>1</sup> Utilizado para descrever as características de um objeto digital, bem como, sua localização de armazenamento.

- ⌘ O segundo estágio é a seleção, pelo usuário, de uma fotografia digitalizada para ver. Os serviços-cliente apresentam ao usuário, via navegador, a lista de objetos digitais encontrados através do sistema de busca (atualmente como uma página HTML com *links* selecionáveis por mouse). O usuário seleciona a fotografia desejada.
- ⌘ O terceiro estágio é a recuperação da fotografia digitalizada. Os serviços-cliente enviam o *handle* da fotografia escolhida para o sistema *handle*, que retorna ao endereço do repositório. Os serviços-cliente passam o *handle* para o repositório usando o protocolo RAP. Várias versões da fotografia podem estar armazenadas no repositório como um conjunto de objetos digitais, identificados pelo *handle*. Os serviços-cliente selecionam um, talvez um pequeno *preview (thumbnail<sup>2</sup>)*, e pedem este ao repositório. Todas as transações RAP passam através de termos explícitos e passos de condições. Verificação em termos e condições associadas com esse objeto digital podem necessitar negociação entre o serviços-cliente e o repositório, ou interação direta com o usuário.
- ⌘ Finalmente, a fotografia digitalizada que foi escolhida é transmitida pelo repositório, via serviços-cliente, para o navegador do usuário e apresentado na sua tela.

#### 2.4.2 Arquitetura apresentada por (PULLIAN, 1996)

PULLIAN (1995) apresenta uma estrutura de biblioteca digital composta de três componentes (Fig. 2.2), todos interconectados através de um meio de transmissão:

- ⌘ **Bibliotecas Fontes:** providas de bancos de dados e serviços de arquivo para os outros dois componentes. Elas têm como usuários um conjunto restrito de pessoas autorizadas para adicionar ou modificar o repositório da biblioteca. O conteúdo de uma biblioteca fonte deveria incluir várias versões de formatos de cada documento origem para assegurar a perpetuação e integridade dos seus conteúdos.
- ⌘ **Bibliotecas Campus:** são componentes opcionais da biblioteca digital que poderia manter objetos das bibliotecas fontes para rápida distribuição e agir como pontos de acesso para as bibliotecas fontes para uma população de usuários. Sua

---

<sup>2</sup> *Miniatura do objeto multimídia (uma pequena imagem).*

existência tem três vantagens: aumento do desempenho para usuários distantes das bibliotecas fontes; fornecem um anonimato aos usuários que estão extraindo informações das bibliotecas fontes; serve como um ponto de acesso, se muitos usuários finais podem acessar bibliotecas fonte através de um canal melhor que vários canais com as bibliotecas fonte.

- ✦ **Estações de Trabalho** dos usuários finais: são os vários pontos de acesso para a biblioteca digital através das bibliotecas campus ou diretamente para as bibliotecas fontes.

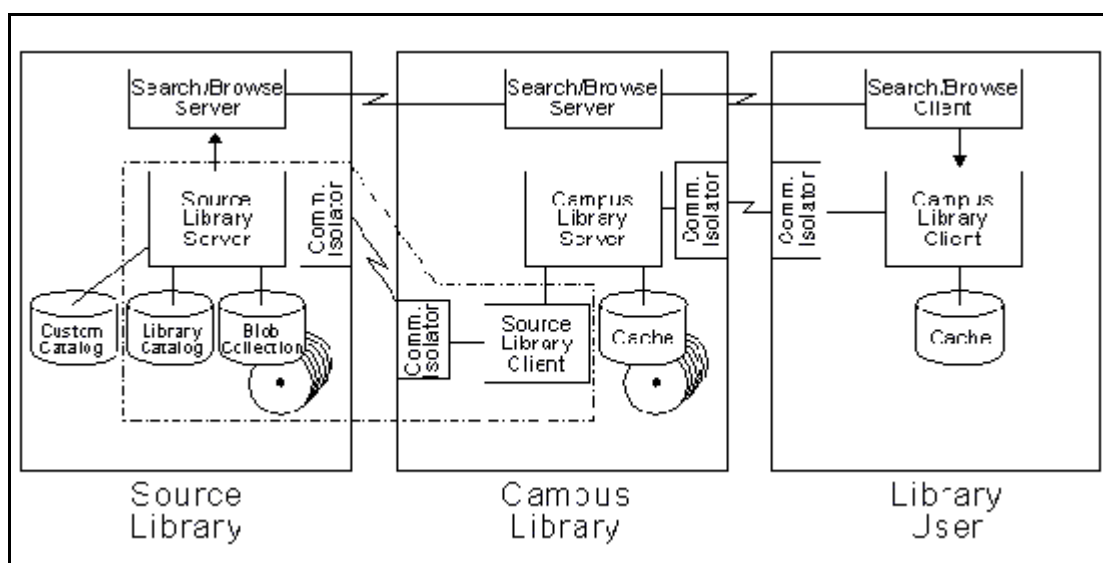


Fig. 2.2 Estrutura básica de uma biblioteca digital

### 2.4.3 Arquitetura da Biblioteca Digital de Berkeley

OGLE (1996) apresenta a arquitetura da Biblioteca Digital de Berkeley (figura 2.3), onde todo o acesso é provido via protocolo HTTP. Note que esta biblioteca digital não permite a transferência tempo-real de áudio e vídeo. Como é mostrado nesta figura, o mecanismo CGI é usado para permitir a interação entre os clientes World Wide Web (WWW) e os sistemas. Entre estes sistemas está um servidor de BD relacional, que permite o acesso baseado em formas a quase todos os dados da biblioteca digital. Outros métodos além de formas são disponíveis para acessar o dado, tal como links e listas organizadas. Este e muitos outros são disponíveis via matriz de acesso, que fornece um ponto de acesso de alto nível para todos os dados da biblioteca.

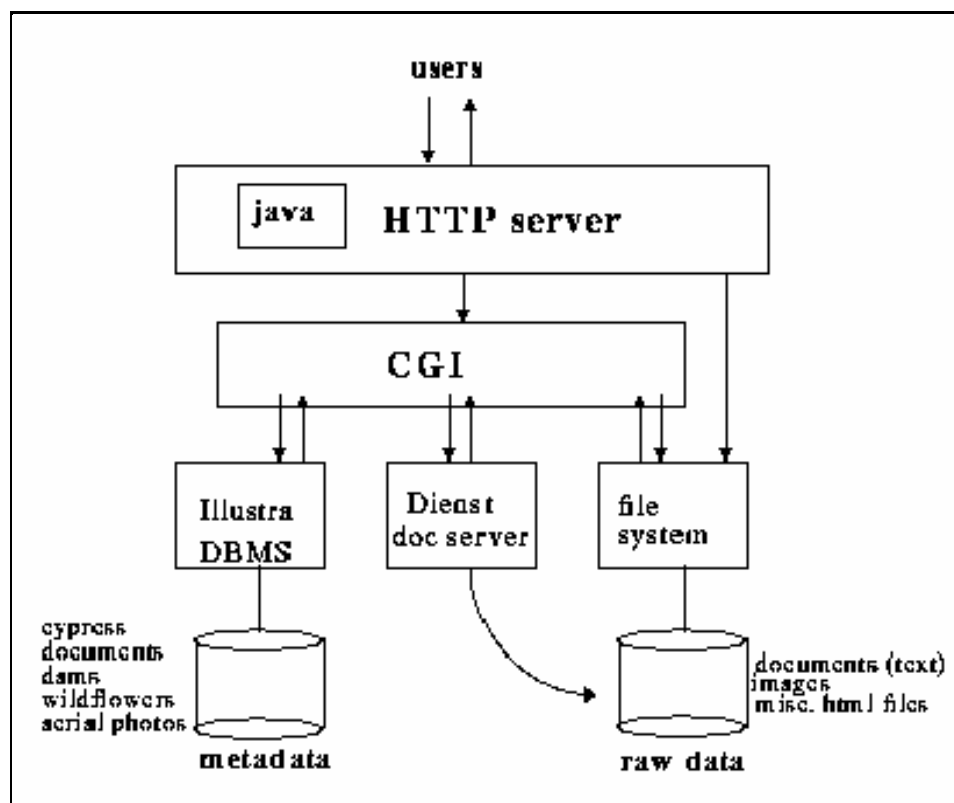


Fig.2.3 Arquitetura da Biblioteca Digital de Berkeley

Na biblioteca digital de Berkeley, os documentos são recebidos em papel. Destes são extraídos metadados (atributos do documento) bibliográficos tais como título, autor e data de publicação. O documento é escaneado para obter a imagem do papel. Um software OCR é usado nas imagens para obter um texto ASCII junto com informação de localização de palavra (arquivos XDOC). Os metadados são armazenados em um BD relacional e então as imagens da página, texto e XDOC arquivos no sistema de arquivo.

#### 2.4.4 Biblioteca Digital Multimídia PSNC

MAZUREK (1998) apresenta a biblioteca digital do Pozna Supercomputing and Networking Centre (PSNC) - Polônia que está sendo implementada sob a rede nacional ATM da Polônia POL-34. A arquitetura deste sistema é apresentada na Fig 2.4. Esta biblioteca digital é baseada em poucos componentes. A comunicação inter-componentes é baseada na rede, de modo que os componentes podem estar em diferentes computadores. Os principais componentes são:

- ≠ Aplicação gerenciamento de metadados (Lógica DL): implementada usando um servidor contendo procedimentos escritos em PL/SQL. Lógica DL significa regras

impostas à biblioteca e estrutura do documento, privilégios do usuário e funcionalidades de busca. Estes procedimentos são a interface usada pelos outros componentes acessando metadados.

- ⌘ Servidores de conteúdo para armazenamento e transmissão de objetos digitais: diferentes tipos de servidores, servindo a tipos específicos de objetos digitais, podem ser usados para armazenar objetos digitais. Este sistema usa os seguintes servidores: servidor de vídeo Oracle para armazenar objetos de vídeo; servidor RealAudio para armazenar objetos de áudio; servidor de aplicação *Web* Oracle para armazenar todos os outros arquivos. Este último servidor tem uma aplicação para apresentação e busca de documentos através de uma interface *Web*. Esta aplicação também é escrita na linguagem PL/SQL.
- ⌘ Servidor *Web* para apresentação do conteúdo da biblioteca.
- ⌘ Aplicação gerenciamento para carga e gerenciamento de conteúdo: aplicação escrita em Java permitindo a carga e gerenciamento de documentos na biblioteca. A aplicação usa regras de controle de acesso implementadas no BD, que permite acesso restrito a usuários particulares para documentos ou ramificação específicas da biblioteca. Isso permite um gerenciamento de conteúdo distribuído, onde cada usuário interessado na publicação pode ter suas próprias ramificações na biblioteca na qual os documentos são de sua responsabilidade. A aplicação usa o protocolo SQL\*Net e driver JDBC para comunicação com o BD. Mas o conteúdo tem que ser armazenado em diferentes servidores dependendo de seu tipo. No caso do servidor RealAudio e o servidor Aplicação *Web*, o protocolo FTP é usado para transferir o conteúdo, mas o *Video Server* requer um agente para copiar arquivos de vídeo para o sistema de arquivo tempo-real.
- ⌘ Banco de dados: o principal componente deste sistema é este BD Oracle, que armazena todos os metadados. Ele descreve o conteúdo da biblioteca e os privilégios do usuário. Metadados incluem autor, título, descrição ou palavras-chave.



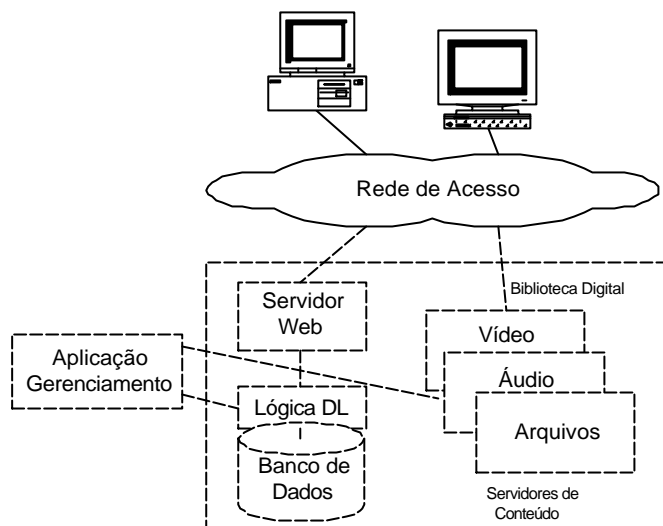


Fig. 2.4 Biblioteca Digital no PSNC

A arquitetura apresentada acima foi apenas o ponto de partida da Biblioteca Digital PSNC. Várias limitações foram verificadas e novos requisitos apareceram. A principal limitação é que ela se trata de uma biblioteca digital centralizada. Especialmente em uma rede nacional, um aspecto importante é a possibilidade de criar várias bibliotecas digitais servindo a usuários locais, mas permitindo seu acesso global também. Isso requer um novo mecanismo para troca de informações entre bibliotecas, de modo que um usuário possa ver todas em um único ponto de entrada.

#### 2.4.5 Arquitetura de um sistema CBVQ (*Content-Based Video Query*) [Chang, 1997]

A Fig. 2.5 mostra a arquitetura de um sistema para busca visual baseada em conteúdo proposta por [Chang, 1997]. Nas arquiteturas anteriores, a busca de informações de áudio e vídeo era feita via anotações textuais. Estas são obtidas manualmente, ou a partir de um sistema, por exemplo, através de um sistema de reconhecimento de voz ou de softwares. OCR. CHANG (1997) propõe uma arquitetura permitindo, além da busca baseada em anotação, a busca de informações de áudio e vídeo baseado no conteúdo destas informações, como características visuais das imagens. A análise das imagens e extração das características é uma tarefa importante tanto nos processos on-line quanto off-line. Outros aspectos importantes do sistema

incluem: a) o loop de interação (incluindo o usuário); b) o suporte a componentes do BD para obtenção e indexação; c) a integração com características multimídia; d) as interfaces com o usuário eficiente para especificação de questões e navegação de imagens.

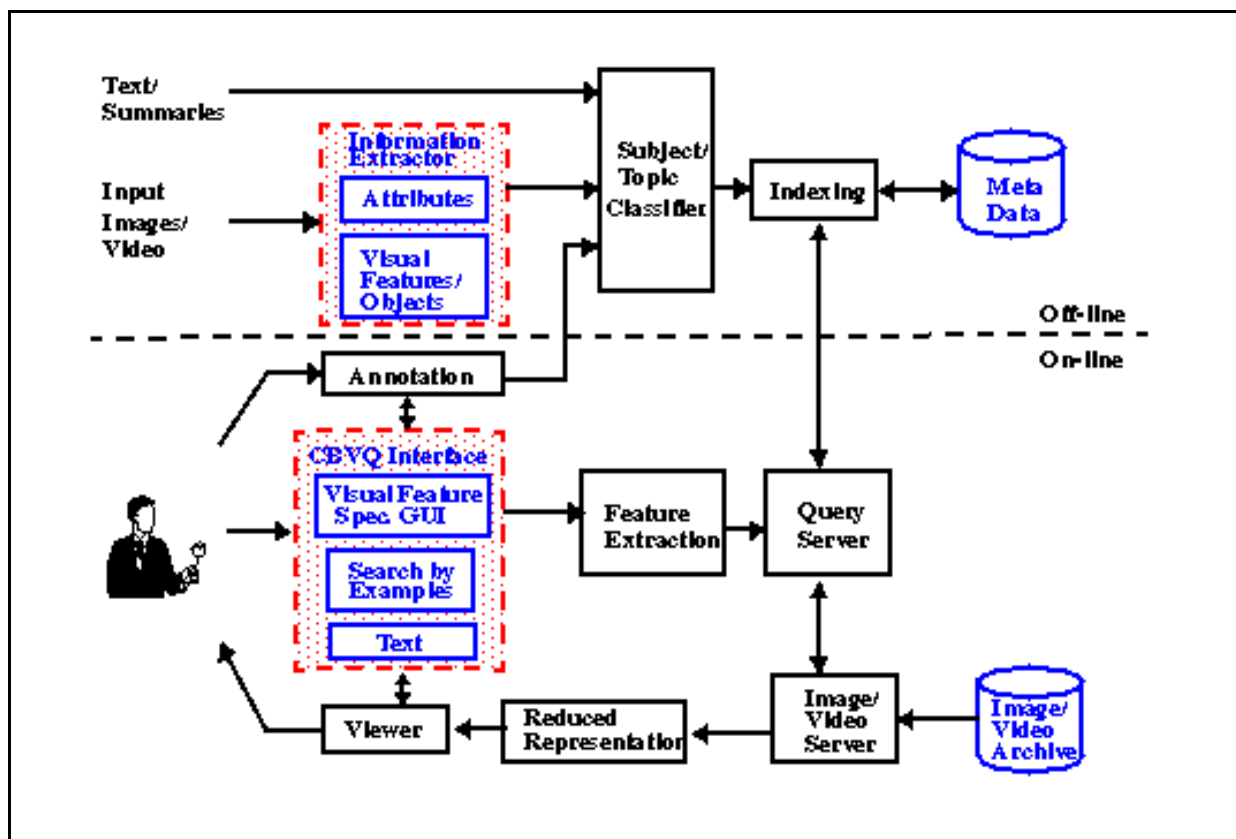


Fig. 2.5 Arquitetura geral do sistema CBVQ [Chang, 1997]

## 2.5 Conclusão

Neste capítulo foram apresentados alguns conceitos relacionados às Bibliotecas Digitais, dando destaque as arquiteturas encontradas na literatura e que tiveram importância na proposta da arquitetura. Basicamente todas as arquiteturas apresentadas propõem soluções semelhantes, com algumas características individuais.

A identificação dos elementos comuns em várias arquiteturas é um indício de padronização e foi considerada na definição da arquitetura de biblioteca digital multimídia distribuída. Estas características são:

- ? O conceito de metadados para a descrição dos seus objetos digitais. Esta é uma característica interessante, já que nos dias de hoje, mecanismos de busca em contexto, com exceção dos em textos, ainda não são eficazes, e a utilização de metadados, apesar de dificultar um pouco a inserção do objeto digital, torna mais fácil a implementação da busca.
- ? Também foi identificado, como comum nas propostas, a utilização de mecanismos de armazenamento para os metadados; algumas utilizam apenas o sistema de arquivo, utilizando arquivos ASCII para o armazenamento; e outras utilizam mecanismos mais aprimorados, como um SGBD. A segunda opção há alguns anos atrás poderia parecer de uso mais complexo, mas hoje em dia já existem SGBDs de boa qualidade, disponíveis para o uso em diversas plataformas com código aberto, de domínio público e já implementam várias funções que facilitaria a utilização em Bibliotecas Digitais.
- ? A criação de grupos de interfaces (ex. interface usuário e interface do administrador), também foi identificada em muitas das arquiteturas.

As arquiteturas apresentadas aqui não tiveram a preocupação com a escalabilidade, e sim, só com a mecânica de funcionamento de uma biblioteca digital. Trabalhos com ênfase na escalabilidade serão apresentados no capítulo 4, mas não são voltados especificamente para Biblioteca Digital

A situação em foco forçosamente deverá mudar no século XXI, vendo-se a biblioteca digital sem problemas de espaço físico: sua tecnologia permitindo armazenamento à vasta quantidade de informação em forma digital e o mesmo acontecendo com espaço para equipamento e pessoal para mantê-la. Entende-se o espaço disponível para o futuro: os discos rígidos dos computadores, que alcançarão alta potencialidade. Com a biblioteca digital, a busca da informação e a comunicação interpessoal acontecem na própria casa, escritório, departamento e/ou em qualquer que seja o local de acesso à informação para a conveniência do próprio usuário. Com isto, o

número de clientes das bibliotecas digitais aumentará nos próximos anos, tornando-a um requisito essencial neste contexto. O capítulo 4 fará uma abordagem sobre escalabilidade que é a razão desta pesquisa. Serão apresentados conceitos e alternativas existentes que não são enfocados diretamente para bibliotecas digitais, mas que permitem gerenciar o nível de escalabilidade em biblioteca digital.

Já que a proposta deste trabalho é escalabilidade em biblioteca digital multimídia distribuída, e como o mecanismo de funcionamento será uma extensão da arquitetura do trabalho do [Pistori, 2000], o capítulo seguinte apresentará a configuração e o funcionamento da biblioteca digital multimídia distribuída desenvolvida pelo autor mencionado acima.

### **Capítulo 3. Biblioteca Digital Multimídia Distribuída [Pistori, 2000]**

[Pistori, 2000] propõe uma arquitetura de biblioteca digital multimídia distribuída, chamada de Biblioteca Digital Multimídia - BDMm. O objetivo é oferecer ao público em geral uma arquitetura de biblioteca digital, capaz de ser implementada utilizando ferramentas de domínio público e disponibilizar ao público o acesso simples e eficiente de informações textuais, imagens, áudios e vídeos. Além disso, esta arquitetura deve oferecer funcionalidades capazes de simplificar a instalação e manutenção da biblioteca digital, possibilitando que não especialistas nas ferramentas utilizadas para a implementação da biblioteca possam criar bibliotecas digitais.

A arquitetura para Biblioteca Digital proposta, denominada Biblioteca Digital Multimídia, é apresentada na Fig. 3.1. Ela é composta de: a) Repositório de Metadados (RM); b) Servidor *Web*; c) Servidores de Mídias; e) Gerenciador da Biblioteca Digital Multimídia (GBDMm); e e) Interface Comum de Acesso aos Metadados (ICAMD); e e) Interfaces com o Usuário, Autor e Administrador. A BDMm ainda prevê a utilização do protocolo de interoperabilidade Z39.50, incorporando ao sistema um servidor e um Cliente Z39.50.

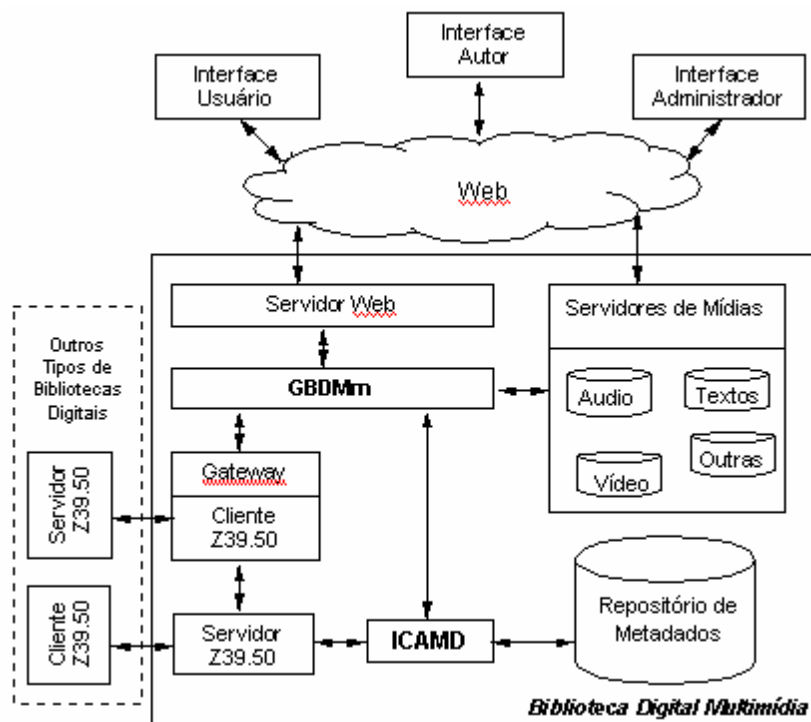


Fig. 3.1 Arquitetura proposta para a BDMm [Pistori, 2000]

### 3.1 Arquitetura Proposta

A arquitetura proposta busca fornecer um mecanismo simples, de fácil implementação, para a utilização em bibliotecas digitais. Nas seções que se seguem serão apresentados cada um dos elementos da BDMm, apontando-se suas funcionalidades na arquitetura e indicando-se algumas ferramentas que podem ser utilizadas para a implementação da mesma.

#### 3.1.1 Interface-Usuário

A Interface-Usuário é um conjunto de páginas *Web* que permitem aos diversos usuários da biblioteca realizarem buscas na BDMm e visualizarem os objetos digitais. Basicamente essas interfaces estão divididas em três partes: a) formulário de busca; b) visualização dos resultados; e c) recuperação da mídia.

#### Formulário de busca

A BDMm possui dois tipos de formulários: a) busca simplificada; b) busca avançada. O formulário de busca simplificada apresentado na Fig. 3.2, possibilita ao

usuário a formulação rápida para uma busca simples na BDMm. O formulário possui um campo principal, onde é digitado uma palavra, ou frase, que irá ser usada pelo GBDMm para realizar a busca no Repositório de Metadados. No caso do usuário digitar uma frase, ele terá possibilidade de escolher como a frase será usada, frase exata, ou uma combinação lógica através dos operadores, “e” ou “ou”.

O usuário pode refinar um pouco mais sua busca, escolhendo qual, ou quais, os tipos de mídia deseja procurar. E por fim, aparece a listagem das BDMm que poderão ser selecionadas para realizar a busca.

Fig. 3.2 Formulário para a busca simplificada

Esta interface possui a listagem das bibliotecas digitais que podem ser utilizadas na busca, para isto basta que o usuário escolha uma ou mais bibliotecas digitais, da mesma forma que o formulário normal. O usuário poderá escolher uma ou mais bibliotecas digitais para a busca, como será explicado no item GBDMm. Em cada BDMm existe um servidor, que é solicitado pelo cliente da biblioteca local; este é responsável pela coleta dos resultados e apresentação dos mesmos.

Tanto os formulários de busca simplificada, quanto o de busca avançada, são gerados dinamicamente, portanto, as bibliotecas apresentadas como opção para consulta, são aqueles que foram previamente cadastradas pelo administrador da BDMm através da Interface-Administrador, que será descrita mais adiante. Neste protótipo, na instalação de uma nova biblioteca, os administradores de todas as bibliotecas receberão uma notificação para atualizar manualmente seu banco. Estuda-se atualmente a possibilidade de que o banco de dados das bibliotecas digitais existentes se auto-alimente, como acontece com os bancos de Domain Named Server (DNS). Quando o servidor Z39.50 estiver em funcionamento, também um mecanismo semelhante fará o cadastro na *International Standard Maintenance Agency* (Z39.50, 2000), agência que mantém em seus cadastros, as diversas bibliotecas que disponibilizam servidores Z39.50.

O botão “Pesquisar” dá início ao processo, passando os dados do formulário para o GBDMm, e através dos módulos cliente e servidor BDMm providenciará pesquisa nos Repositórios de Metadados das bibliotecas selecionadas na lista. A busca é feita em todos os metadados, se encontrado alguma ocorrência da palavra ou frase, em qualquer um deles, o resultado é mostrado.

Já o formulário de busca avançada, mostrado na Fig. 3.3, permite que o usuário especifique melhor a escolha do seu objeto digital, proporcionando resultados mais semelhantes ao solicitado.



Fig. 3.3 Formulário para busca avançada

No formulário avançado é permitido que o usuário especifique qual, ou quais, as palavras ou frases, serão procuradas nos determinados metadados, podendo formular uma lógica entre os metadados. Por exemplo: se o objetivo é visualizar apenas objetos digitais que possuam como título a palavra “biblioteca” e o autor “Jeferson”, bastará colocar no campo título a palavra “biblioteca” e no campo autor a palavra “Jeferson”, e solicitar a clausula condicional “e” entre os dois campos.

A opção de escolha do tipo da mídia a ser buscada também aparece neste formulário, trazendo a possibilidade de escolha do Idioma, a ordem de apresentação dos resultados e número de resultados por página, na interface de visualização dos resultados.

Ela possui também a listagem das bibliotecas digitais que podem ser utilizadas na busca, para isto basta que o usuário escolha uma ou mais bibliotecas digitais, da mesma forma que o formulário normal.

## Visualização dos resultados

Após o usuário preencher um dos formulários descritos acima, com as informações que achar relevantes para busca, a BDMm irá retornar ao usuário dois tipos de tela de visualização dos resultados: a) resultados das busca local; e b) resultado da busca distribuída. A Fig. 3.4 ilustra a tela de resultados de uma busca local. Nesta tela, serão listadas as informações referentes a todos os objetos digitais que satisfizeram as características definidas pelo usuário no formulário de busca.

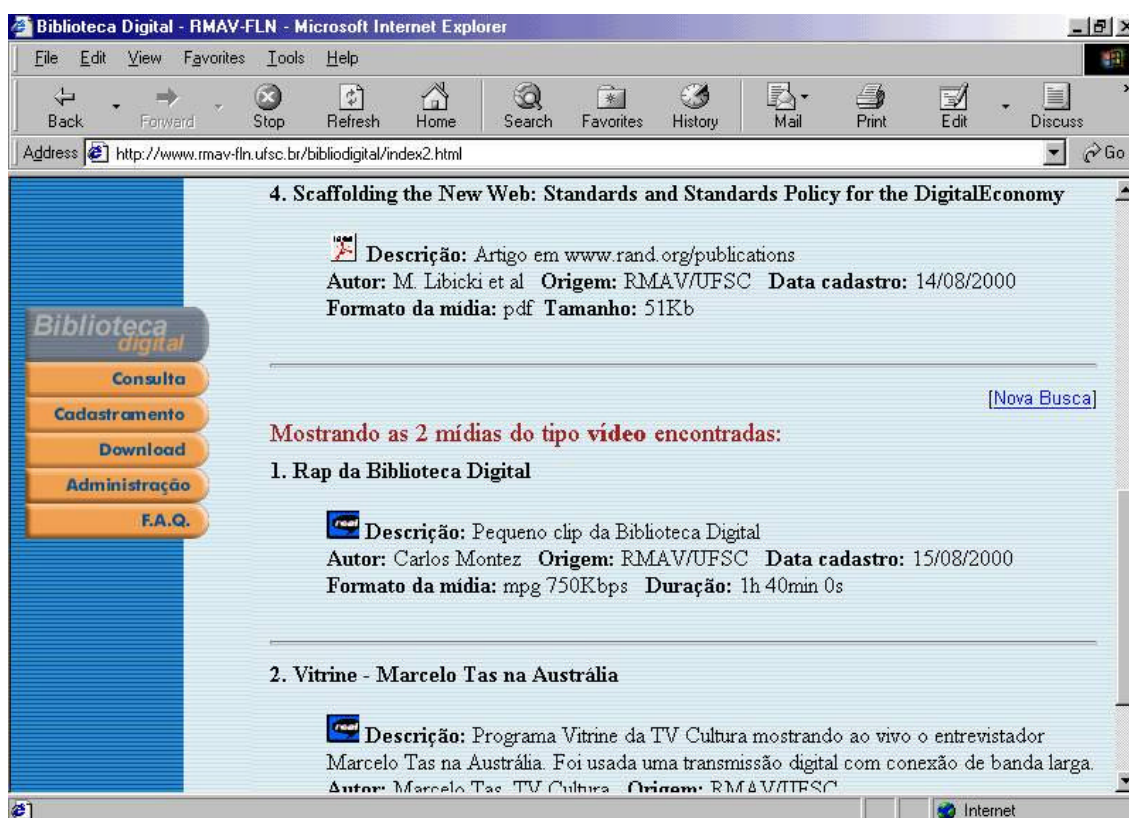


Fig. 3.4 Tela de apresentação do resultado da busca

Dependendo da escolha do usuário, é apresentado o número de objetos digitais encontrados, e alguns dos metadados referentes aos mesmos. Alguns são comuns a todos, como é o caso do título, descrição, autor, origem, data de cadastro e formato da mídia. Para outros tipos de mídia, vídeo e áudio, são apresentados ainda, a qualidade de digitalização e a duração. Também nesta interface é indicado qual o *plug-in* que o usuário necessitará par visualizar a mídia.

A Fig. 3.5 ilustra o resultado de uma busca realizada nas diversas BDMm escolhida pelo usuário.



Fig. 3.5 Tela de apresentação do resultado da busca distribuída

A tela de apresentação dos resultados da busca distribuída mostra o número de objetos digitais, separado por tipo, que cada uma das bibliotecas digitais consultadas possuem. Automaticamente cada item recebe um link que levará diretamente para a interface de visualização do resultado da respectiva biblioteca digital, apresentando assim a listagem dos objetos digitais encontrados.

Com os resultados da busca em sua tela, o usuário poderá escolher um dos objetos digitais para visualização, que irá ser apresentado na interface de recuperação da mídia.

### Recuperação da mídia

A Fig. 3.6 é um exemplo de apresentação de uma mídia do tipo vídeo em tempo real. Nesta tela também são apresentados alguns metadados da mídia, como no exemplo: título do objeto digital, uma descrição, o autor e a sua duração. Os metadados apresentados irão variar conforme o tipo da mídia. Muitas vezes é necessário que o

usuário possua em seu navegador *Web* o *plug-in* indicado para a visualização do objeto digital. A BDMm disponibiliza uma área para *download* dos *plug-ins* necessários para a visualização de todos os objetos digitais disponíveis.



Fig. 3.6 Tela de recuperação da mídia (vídeo)

O controle sobre a apresentação das mídias fica de responsabilidade do servidor de mídia indicado, como definido na arquitetura proposta.

A implementação da Interface-Usuário pode ser feita utilizando a linguagem Hypertext Markup Language (HTML) que dispõe de funcionalidades para definição de campos de textos, botões. Para implementar a geração dinâmica de páginas (no caso das interfaces de visualização dos resultados e a recuperação da mídia), poderão ser utilizadas linguagens de geração de HTML. Para tanto, podem-se utilizar linguagens como Pré-Hypertext Processor (PHP), Active Server Page (ASP), ou programas escritos em C, Perl, utilizando a CGI do servidor *Web*, ou ainda utilizar outros mecanismos como os Applets Java.

### 3.1.2 Interface-Autor

A Interface-Autor é utilizada pelos contribuintes da biblioteca, aqui denominados autores, que são os cadastradores responsáveis pela inserção dos objetos digitais na BDMm. Ela só poderá ser utilizada por usuários previamente cadastrados e autorizados pelo administrador da BDMm. Por isso, terão que ser utilizados mecanismos de controle de acesso, por exemplo, senhas.

Esta interface permite que o autor preencha um formulário com as informações que serão utilizadas no metadado do objeto digital. As informações a serem preenchidas irão depender do tipo da mídia, já que cada mídia possui características próprias de descrição. As informações comuns são: o título do objeto digital, nome do autor, nome do contribuinte, data da criação e o tipo de mídia, os metadados serão descritos mais adiante. Além de preencher o formulário, o autor deverá indicar o arquivo contendo o objeto digital para efetuar o *upload* automático.

No momento da submissão do formulário, esta interface irá acionar as ferramentas contidas no GBDMm a fim de que os dados sejam cadastrados no Repositório de Metadados e o objeto digital seja armazenado no Servidor de Mídia especificado.

A Interface-Autor, da mesma forma que a Interface-Usuário, é gerada dinamicamente pelo GBDMm de acordo com as especificações definidas pelo administrador da BDMm e descrições dos atributos definidos no Repositório de Metadados. Ela poderá ser escrita em HTML e gerada dinamicamente utilizando os mesmos mecanismos usados na Interface-Usuário.

A Interface-Autor, implementada na BDMm, trata-se de duas telas básicas: a) autorização do autor; e b) cadastramento do objeto digital.

#### **Autorização do autor**

A tela de autorização para cadastramento é bastante simples como visto na Fig. 3.7. O usuário autor, na verdade, é o indivíduo que irá inserir algum objeto na BDMm, para que não haja uma utilização indevida e irresponsável. Foi definido que somente

usuários, previamente autorizados pelo administrador da BDMm, poderiam inserir objetos digitais; para isso, foi criado um controle de *login* e senha.

Nesta tela, o autor digita o seu login e sua senha, já fazendo a escolha de qual o tipo de mídia ele irá cadastrar.

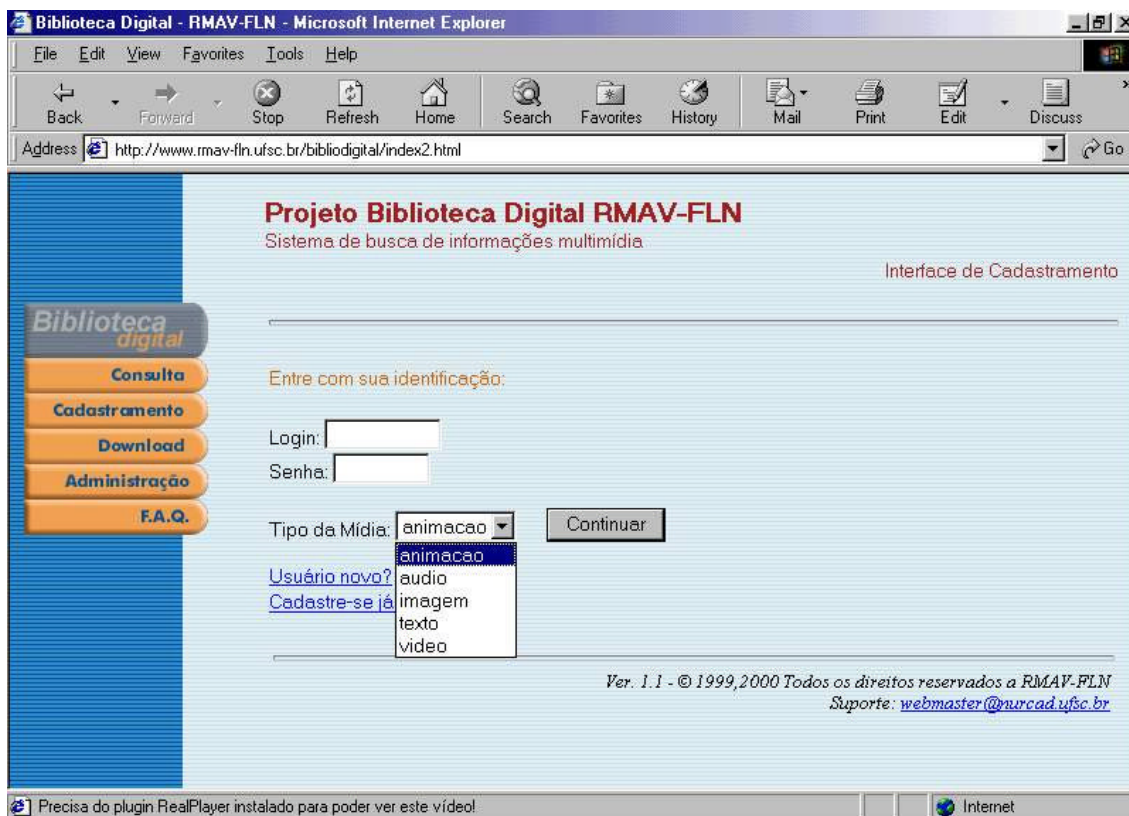


Fig. 3.7 Tela de autorização do autor

Se o autor ainda não é autorizado a inserir objetos digitais na BDMm, ele poderá através de um outro formulário fazer a solicitação ao administrador da BDMm. Mas se ele já for autorizado, ele passará para a próxima tela, cadastramento do objeto digital.

### Cadastramento do objeto digital

Nesta tela é onde o autor irá especificar os metadados do objeto digital, bem como indicar o objeto digital para ser inserido nos servidores de mídias. A Fig. 3.8 mostra o formulário para o cadastramento de vídeo, que deverá ser preenchido pelo contribuinte da BDMm.

Fig. 3.8 Formulário de cadastramento do objeto digital

A figura acima foi manipulada digitalmente para que todo o formulário coubesse na mesma figura. Pode-se ver na figura os metadados que autor irá cadastrar, estes mesmos metadados serão utilizados para a realização da busca e identificação do objeto digital.

Os primeiros campos - nome, instituição, e-mail e URL - são referentes ao autor do objeto digital, que não necessariamente é o contribuinte da biblioteca digital. Os campos seguintes são utilizados para a descrição dos metadados, tais como: título, tipo e

tamanho. Ao fim do formulário é solicitado ao contribuinte o endereço local de onde se encontra a mídia e, logo após, é requisitado qual servidor de mídia ele deseja armazenar o objeto digital.

Após o preenchimento deste formulário, os dados são verificados pelo GBDMm, checando se o tipo de objeto digital é compatível com o servidor, se os campos não-opcionais estão completos, dentre outras verificações.

Com o formulário validado e autorizado, o GBDMm realiza alguns processos chave: a) gera um código para o objeto digital; b) insere os metadados do objeto no Repositório de Metadados; b) transfere via temporariamente o arquivo da máquina do contribuinte para a máquina onde ele está; e c) posteriormente transfere este arquivo para o servidor de mídia indicado.

Após estes passos o objeto digital já poderá ser encontrado e visualizado através das outras interfaces.

### **3.1.3 Interface-Administrador**

A Interface-Administrador são páginas *Web* que disponibilizam aos administradores da BDMm um conjunto de ferramentas de administração. Esta interface também é gerada dinamicamente pelo GBDMm.

Esta Interface pode ser escrita com geração dinâmica de HTML, ou utilizando outros mecanismos de acesso a Banco de Dados via *Web*.

A Interface-Administrador contém mecanismo pelo qual o administrador poderá alterar ou apagar o cadastro de qualquer objeto digital contido no RM. Além disso, através desta interface o administrador da BDMm pode realizar a manutenção do cadastro dos autores autorizados para a inserção de objetos digitais na biblioteca.

Ela também oferece opções de gerência da BDMm, pelas quais o administrador poderá cadastrar e manter as informações dos Servidores de Mídias pertencentes a BDMm e configurar os tipos de mídias suportados pela BDMm. A palavra “Gerenciamento” no título deste trabalho, deu-se por motivo desta interface. Esta



interface foi projetada para que até pessoas não experientes em ferramentas de gerenciamento de banco dados possam utilizar, este mecanismo possui um controle de senha, onde somente o administrador da biblioteca digital tem acesso a ela. A Fig. 3.9 mostra a tela inicial da Interface-Administrador.

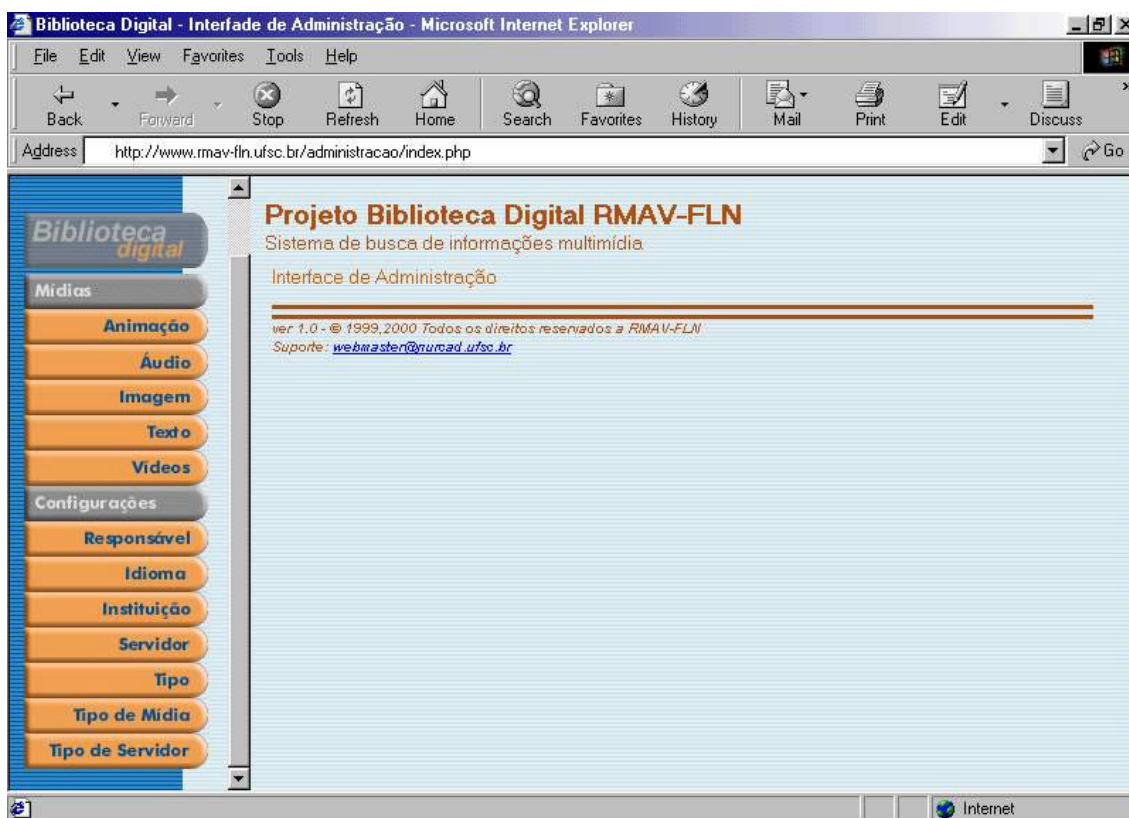


Fig. 3.9 Interface-Administrador

Com a Interface-Administrador, o usuário pode obter também uma visão geral da biblioteca digital, podendo saber o número de objetos digitais cadastrados, quantos servidores estão disponíveis para o armazenamento e distribuição das mídias e quais são as outras bibliotecas digitais existentes com esta arquitetura.

### 3.1.4 Servidor Web

Na arquitetura proposta, o servidor *Web* tem como função prover o acesso a BDMm via Hypertext Transfer Protocol (HTTP). Para a implementação da BDMm pode-se utilizar qualquer servidor *Web*, desde que este consiga prover um intercâmbio entre o GBDMm e as Interfaces.

### **3.1.5 Gerenciador da BDMm (GBDMm) e Interface de Acesso aos Metadados (ICAMD)**

Estes componentes são o núcleo de funcionamento da biblioteca digital. Dentre suas funções estão: a) gerar dinamicamente todas as interfaces usadas pela BDMm; b) executar as operações solicitadas pelas interfaces cliente, autor e administrador; c) atender os pedidos de informações originadas de outras bibliotecas; e d) realizar o pedido a outras bibliotecas, quando solicitado a outras Bibliotecas Digitais Multimídia. Apesar de ainda não estar implementado neste protótipo o servidor Z39.50. O GBDMm será responsável, conjuntamente com o servidor Z39.50 e o cliente Z39.50, pela busca nas diversas bibliotecas digitais que possuem servidores e clientes Z39.50.

Como os componentes utilizados pelo Z39.50 ainda não foram implementados neste protótipo, para a realização das busca distribuídas o GBDMm possui um cliente BDMm e um servidor BDMm, implementados para este propósito, a troca de mensagens entre as Bibliotecas Digitais Multimídia usa o *HyperText Transfer Protocol* (HTTP).

Todos os componentes foram implementados usando a linguagem de programação HyperText Processor (PHP).

### **3.1.6 Funcionamento da busca simplificada**

Quando o usuário a biblioteca digital à solicita, via seu URL, o formulário de busca é automaticamente gerada pelo GBDMm. Isto é feito através do programa `index.php`. Na submissão da busca, os dados são enviados para o programa `busca.php`, que utiliza de funções implantadas pelo ICAMD para realizar a busca do Repositório de Metadados. O próprio `busca.php` gera as página com os resultados. Se no formulário de busca simplificada, o usuário escolhe a busca em diversas bibliotecas digitais, ao invés de o programa `busca.php` realizar busca, é chamado o programa `clientebdmm.php` que é explicado em um dos itens seguintes.

### 3.1.7 Funcionamento da busca avançada

O processo da busca avançada é basicamente igual ao da busca simplificada, porém com a lógica de busca mais aprimorada.

### 3.1.8 Funcionamento da busca distribuída

Como ainda não se implementou os mecanismos para a utilização do protocolo Z39.50, neste protótipo os módulos Cliente e Servidor BDMm assumem esta tarefa. A funcionalidade de busca distribuída foi implementada a partir de dois programas: a) `clientebdmm.php`; e c) `servbdmm.php`, que são os servidores e clientes da Biblioteca Digital Multimídia.

Após o preenchimento de um dos formulários de busca, em que a opção de busca em várias bibliotecas digitais foi específica, os dados são enviados para o programa `clientebdmm.php`, junto com os URLs das bibliotecas que serão consultadas, o `clientebdmm.php` faz a solicitação das informações ao `servbdmm.php` de cada uma das bibliotecas digitais, conforme a chegada dos resultados, será gerada a página de visualização dos resultados (Fig. 3.5). A Fig. 3.10 mostra o funcionamento da busca distribuída.

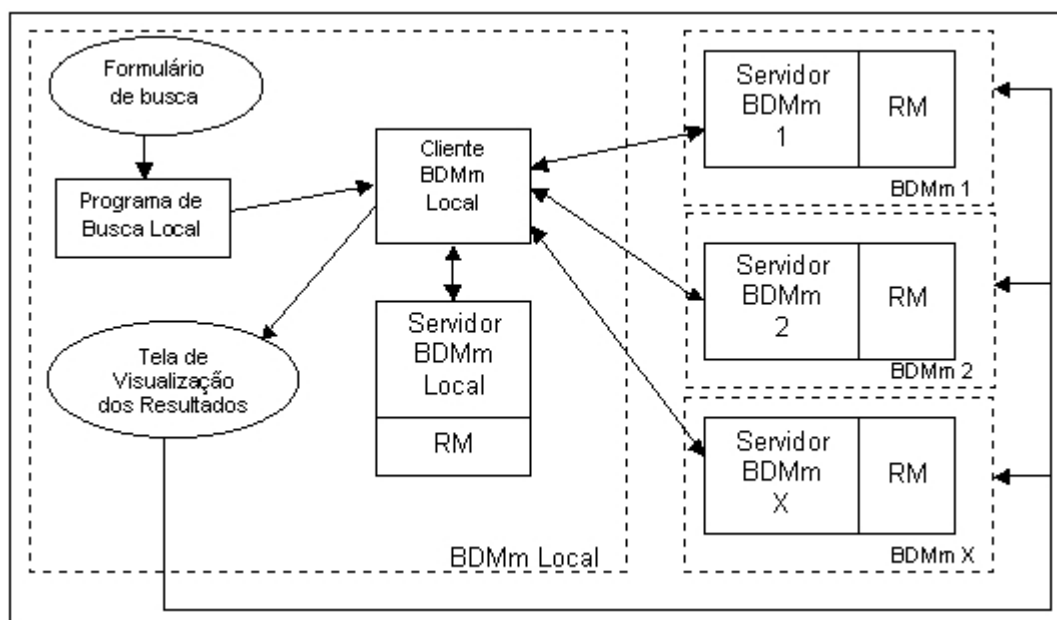


Fig. 3.10 Funcionamento da busca distribuída

O Cliente BDMm é o elemento chave deste funcionamento, após ele receber do programa de busca local, a lista dos URLs de servidores escolhidos, ele gera um conjunto de pedidos via http, aos Servidores BDMm conforme a lista recebida.

A busca é feita *on-line*, isso é suportado, pois o protótipo trabalha sobre rede ATM, provavelmente em outras redes, poderá haver uma maior demora, mas pelos testes preliminares realizados esta demora é suportada.

Conforme os recebimentos dos resultados dos servidores BDMm, o Cliente BDMm vai gerando a Tela de Visualização dos Resultados (Fig 6.2.4). Na tela dos resultados conterá um link com a busca já formulada que será passado para o programa de busca local da biblioteca escolhida.

### **3.1.9 Gateway**

Como o protocolo de interoperabilidade Z39.50 foi proposto inicialmente, levando em consideração a arquitetura de rede OSI, sua implementação é feita na camada de apresentação, camada não utilizada pela arquitetura de rede Internet (TCP/IP).

Para a utilização do Cliente Z39.50 na arquitetura TCP/IP, faz-se necessário a utilização de um gateway entre as interfaces *Web*, que utilizam a configuração HTTP/TCP/IP e o Cliente Z39.50 que utiliza Z39.50/TCP/IP (IGZ39.50, 2000).

A função principal do gateway é a tradução do HTTP para o Z39.50. Por exemplo: a Interface-Usuário solicita uma determinada consulta preenchendo os campos do formulário HTML; as informações contidas neste formulário são transferidas para a BDMm através do http; o gateway irá traduzir os dados recebidos do formulário para algum formato conhecido pelo Z39.50 e vice-versa.

Já existem estudos para que o Cliente Z39.50 seja implementado nos navegadores *Web* (IGZ39.50, 2000), mascarando o Z39.50 dentro do HTTP e eliminando a necessidade do gateway.

### **3.1.10 Cliente Z39.50**

O Cliente Z39.50 tem a função de estabelecer uma conexão com servidores Z39.50 de outras bibliotecas digitais, utilizando as especificações A-association do Z39.50 (Z39.50, 2000). O cliente Z39.50 solicita uma conexão com o servidor Z39.50 que responde à solicitação do cliente, enviando uma resposta afirmativa ou negativa. Se a resposta for positiva, é fornecida ao cliente a informação de quais metadados são usados pela biblioteca digital do servidor Z39.50 e a conexão é estabelecida. A partir deste ponto inicia-se a troca de informações; o cliente solicita a busca de determinadas palavras no conteúdo dos metadados e o servidor responde seu pedido. Este processo permanece até que uma das partes solicite o término da conexão.

Atualmente, existem algumas implementações gratuitas de clientes Z39.50 disponíveis e que poderiam ser utilizadas na implementação desta arquitetura, como ZETA perl, Zed Kit for Unix e Zprise.

### **3.1.11 Servidor Z39.50**

O Servidor Z39.50 é outra ferramenta necessária para a utilização do protocolo de interoperabilidade Z39.50. Ele atende os pedidos dos Clientes Z39.50, sempre utilizando o protocolo de interoperabilidade Z39.50. Na arquitetura proposta, o Servidor Z39.50 realiza acessos ao Repositório de Metadados através da ICAMD.

Alguns servidores Z39.50 estão disponíveis na *Web*, um exemplo é o servidor ASFserv, e podem ser utilizados na implementação da arquitetura proposta neste artigo.

### **3.1.12 Repositório de Metadados (RM)**

Metadado é um conjunto de informações utilizadas para descrever um objeto, ou seja, são os atributos dos objetos digitais. O conjunto de metadados utilizados para descrever um objeto digital depende do tipo de mídia. Alguns metadados são comuns para todos os tipos de mídia, como o título, autor, data de criação, tipo de mídia, descrição, palavras-chaves, contribuinte e a identificação do servidor de mídia contendo o objeto digital. Estas informações são utilizadas no momento da busca do objeto digital e também no momento da geração da lista de resultados da busca.

O RM mantém os metadados dos objetos digitais e fornece um conjunto de funções de manipulação destes metadados, tais como: mecanismos de busca, inserção, atualização e eliminação.

A implementação do RM pode ser feita por vários arquivos de texto contendo os metadados ou utilizando um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD). A utilização de um SGBD para armazenamento de metadados é a mais indicada, porquanto já implementa os mecanismos necessários para a manipulação dos metadados e ainda fornece outras funções que poderiam ser utilizadas por outros requisitos da BDMm (p.e., manter as informações sobre os servidores de mídia e dados de controle de usuários), além da própria segurança dos dados fornecidos pelo controle de integridade e facilidades para backups.

### **3.1.13 Servidores de Mídia**

Os Servidores de Mídia são responsáveis pela distribuição e armazenamento dos objetos digitais. Podem ser utilizados vários tipos de servidores, dentre eles os servidores de áudio e vídeo em tempo real e servidores de mídias estáticas (imagens, textos, etc.).

Para a BDMm, os servidores de mídias podem estar em diversos *sites* da rede. Através da Interface-Administrador, o administrador da BDMm poderá cadastrar os servidores existentes. Existe um campo no metadado da mídia especificando em qual servidor ou servidores de mídias está localizado o objeto digital.

É importante destacar que a arquitetura da BDMm fornece uma independência dos servidores de mídia adotados. A configuração irá depender da disponibilidade de recursos e do uso da BDMm. Pode-se utilizar o RealServer como servidor de vídeo e áudio, e/ou outras soluções como os servidores StreamWorks e o ClipStream, por exemplo. Para mídias estáticas ou transferências assíncronas (telecarga), pode-se utilizar um servidor *Web* qualquer.

A arquitetura proposta não objetivou propor mecanismos de armazenamento dos objetos-multimídia; apenas propõe uma catalogação dos servidores de mídias, a fim de promover uma independência entre servidores.

Os servidores de mídia utilizados foram o próprio servidor Apache para mídias estáticas (p.e imagens e textos) e o servidor RealServer (REAL, 2000) para áudio e vídeo. Outros servidores também estão sendo testados pelos Grupo Bibliotecas Digitais (MONTEZ, 2000), com é o caso dos servidores StreamWorks (XING, 2000), ClipStream (CLIPSTREAM, 2000)e o Windows Media Server (WMS, 2000).

### **3.2 Conclusão**

Este capítulo apresentou a arquitetura do [Pistori, 2000]. O objetivo foi descrever a configuração da biblioteca e sua funcionalidade. Dessa forma, quando for apresentado a proposta de escalabilidade no capítulo 5 fique mais claro as alterações que serão realizadas na configuração original para atingir os resultados.

As ferramentas utilizadas, bem como os programas desenvolvidos, são de domínio público. Apesar de o servidor de mídias RealServer não ser de domínio público, ele fornece uma versão um pouco limitada mas gratuita, e pode ser utilizada.

Um ponto interessante nesta implementação, é a utilização de um SGBD para implementar o Repositório de Metadados, as preocupações inerentes ao armazenamento dos metadados, foram amenizados pelos mecanismos já implementados no mesmo.

A Interface-Administrador também é um ponto forte nesta implementação. Além disso, esta interface tem uma preocupação na sua utilização por pessoas não especialistas em banco de dados, proporcionando maior popularização do sistema.

Neste protótipo, o módulo servidor Z39.50 não foi implementado, devido a difícil adaptação dos servidores já existentes. A busca distribuída em todas as bibliotecas digitais criadas por esta implementação está garantida pelo cliente e servidor da BDMm, parte do GBDMm e explicado neste capítulo.

O próximo capítulo fará uma abordagem sobre escalabilidade em sistemas distribuídos, que é a razão desta pesquisa. Serão apresentados conceitos e alternativas existentes, atualmente como servidores de vídeo, que podem ser aproveitados para gerenciar o nível de escalabilidade em biblioteca digital.

## Capítulo 4. Escalabilidade

Um sistema distribuído deve operar eficaz e eficientemente em muitas diferentes escalas. O menor sistema distribuído viável provavelmente consiste de duas estações de trabalho e um servidor de um arquivo, uma vez que um sistema distribuído construído em uma rede local pode conter muitas centenas de estações de trabalho, muitos servidores de arquivos, servidores de impressão e outros servidores de propósitos especiais. Muitas redes locais são freqüentemente interconectadas com a **rede Internet**, e estas podem conter milhares de computadores em único sistema distribuído, permitindo os recursos serem compartilhados entre todos eles.

Os sistemas e os softwares de aplicações não deveriam precisar de alterações quando a escala do sistema fosse incrementada. Com esta característica é possível obter um significativo aumento na maioria dos componentes e sistemas distribuídos atuais, mas ela é uma área na qual novas pesquisas são necessárias além das que estão em andamento para suportar as aplicações e sistemas com grande escala que, provavelmente, emergirão com aumento da rede Internet e o aparecimento de redes de alta performance.

A necessidade de escalabilidade não é apenas um problema de hardware ou performance de rede. Veremos que o tema permeia quase todos aspectos do projeto de sistema distribuído. Em sistemas de computadores centralizados certamente os recursos centralizados, memória, processadores, canais de entrada e saída, tem um fornecimento limitado e não podem ser replicados indefinidamente. Em um sistema distribuído, a limitação no fornecimento de alguns destes recursos é automaticamente removido, já observamos que pode ser um número de computadores potencialmente ilimitado, cada um com memória, um ou mais processadores central e canais de entrada e saída. Mas, outras limitações podem permanecer se o projeto do sistema não reconhecer explicitamente a necessidade de escalabilidade.

Com o aumento do tamanho e complexidade das redes de computadores, elas serão o principal desafio para projetar softwares de sistemas distribuídos para que continuem eficazes em configurações de rede semelhantes. A Internet já abrange mais



de um milhão de computadores. Os requisitos são projetar serviços distribuídos que continue a operar eficientemente com milhares ou milhões de clientes. O trabalho envolvido em qualquer simples processamento que necessita acessar um recurso compartilhado seria quase independente do tamanho da rede [Coulours, 1996].

Ao contrário das bibliotecas digitais, existem muitos projetos com sistemas de servidores de vídeo que possuem características escaláveis. Por exemplo, Projeto ANSP [Ruggiero, 2000] e o Dyna Vídeo [Leite, 2001] que são descritos a seguir neste capítulo.

O objetivo deste capítulo é proporcionar uma visão sobre escalabilidade em sistemas distribuídos, apresentando o que existe de alternativas na literatura para esta questão, e citando alguns trabalhos desenvolvidos que exploram estes mecanismos.

O capítulo também mostra que o caminho entre o usuário e os serviços de interesse pode envolver o uso de muitos elementos de infra-estrutura de sistemas distribuídos. E que cada componente desta estrutura tem uma capacidade finita. Projetar escalabilidade envolve calcular a capacidade de cada um destes elementos e a extensão da capacidade que pode ser aumentada. Por exemplo, a escalabilidade do servidor, da LAN, dos clientes, da WAN, natureza das mídias a serem transmitidas e outras variáveis inerentes ao processo.

#### **4.1 Escalabilidade em Sistemas Distribuído [Simon, 1996]**

A maioria dos sistemas distribuídos atualmente são projetados para trabalhar com poucas centenas de CPUs. Possivelmente no futuro os sistemas terão ordem de magnitude maiores e sistemas que, atualmente, funcionam bem com 200 máquinas falharam com 200.000.000. Considere o seguinte: A Francesa PTT (Post, Telephone and Telegraph administration) está no processo de instalação de terminais em todas casas e estabelecimentos comerciais na França. O terminal, conhecido como **minitel**, permitirá acesso online na base de dados contendo os números de telefones na França. Assim, eliminando a necessidade de imprimir e distribuir listas telefônicas caras. Também, reduzirá bastante a necessidade de operadores de informações que, nada mais faziam a não ser fornecer informações todos dias. Foi calculado que o sistema se pagará

dentro de poucos anos. Se o sistema funciona na França, outros países inevitavelmente adotaram sistemas similares.

Depois que todos terminais estiverem instalados, a possibilidade de também usá-los para correio eletrônico (particularmente junto com impressoras) é claramente presente. Já que os serviços postais perdem grandes quantidades de dinheiro em todos países do mundo e os serviços telefônicos são muito mais lucrativos, haverá grandes incentivos para colocar correio eletrônico no lugar correio de papel.

Os próximos acessos interativos vêm para todos tipos de base de dados e serviços, provenientes de transações bancárias eletrônicas para reserva de lugares em aviões, trem, hotéis, teatros e restaurantes. Muito antes, teremos um sistema distribuído com dezenas de milhões de usuários. A questão é: Os métodos que estamos desenvolvendo com escala atual servirão para grandes sistemas?

Embora, seja pouco o conhecimento sobre grandes sistemas distribuídos, alguns princípios são claros: Evitar componentes, tabelas e algoritmos centralizados (fig. 4.1). Ter um simples servidor de Email para 50 milhões de usuários não será uma boa idéia. Mesmo que tenha CPU suficiente e capacidade de armazenamento, a capacidade da rede será certamente um problema. Além disso, o sistema não tolerará falhas. Uma simples queda na força derrubará o sistema inteiro. Finalmente, a maioria dos Email são locais. Uma mensagem enviada por um usuário em Marselle para outro usuário dois blocos mais longe passa através de uma máquina em Paris, este não é o caminho ideal para trafegar.

<b>Conceito</b>	<b>Exemplo</b>
Componentes centralizados	Um único servidor de mail para todos usuários
Tabelas centralizadas	Uma única lista telefônica online
Algoritmos centralizados	Fazer roteamento baseado em informações completas

*Fig. 4.1. Grandes congestionamentos que os desenvolvedores tentam evitar nos grandes sistemas distribuídos.*

Tabelas centralizadas são tão ruins quanto componentes centralizados. Como manter alguém informado do número de telefone e endereço dos 50 milhões de pessoas? Suponha que cada registro de dados seja formado por 50 caracteres. Um único disco de 2,5 gigabytes forneceria armazenamento suficiente. Mas aqui também, uma única base de dados indubitavelmente saturaria todas as linhas de comunicação isolando a base de dados. Ela também seria vulnerável a falhas (uma única mancha de tinta poderia causar um crash no disco derrubando a entrada no serviço de diretório. Além disso, aqui também, a preciosa capacidade de rede seria desperdiçada transportando consultas de processamento distantes.

Finalmente, algoritmos centralizados também não é uma boa idéia. Em um grande sistema distribuído, um grande número de mensagens são roteadas sobre muitas linhas. De um ponto de vista teórico, o caminho ótimo é buscar informações completas sobre a carga em todas as máquinas e linhas, e então executar um algoritmo gráfico teórico para computar todas as rotas ótimas. Esta informação pode ser distribuída em todo o sistema para melhorar o roteamento.

O problema é que coletando e transportando as entradas e saídas de informações também seria uma má idéia pelas razões discutidas acima. Na verdade, qualquer algoritmo que opere buscando informações em todos os sites, enviá-las para uma única máquina para processamento e então distribuir os resultados deve ser evitado. Somente algoritmos descentralizados deveriam ser usados. Estes algoritmos geralmente têm as seguintes características, as quais distinguem-nos dos algoritmos centralizados:

1. Nenhuma máquina tem informação completa sobre o estado do sistema.
2. As máquinas tomam decisões baseadas somente em informações locais.
3. Falha de uma máquina não deve causar erro no algoritmo.
4. Não há tomada de tempo absoluta sobre um relógio global.

As três primeiras seguem o que foi dito até aqui. A última, talvez, seja a menos óbvia, mas também é importante. Qualquer algoritmo que comece: “Precisamente às 12:00:00 em todas as máquinas” falharão porque é impossível obter todos os relógios exatamente sincronizados. Os algoritmos terão de levar em conta a falta de exatidão na sincronização do relógio. Quanto maior o sistema maior a incerteza. Em uma LAN com

considerável esforço pode ser possível obter todos os relógios sincronizados baixando alguns poucos milisegundos, mas fazendo isto a nível nacional é complicado.

#### 4.2 Desenvolvimento de Sistemas Distribuídos [Simon, 1996]

O caminho entre o usuário e os serviços de interesse pode envolver o uso de muitos elementos de infra-estrutura de TI como ilustrado na fig. 4.2. Cada componente tem uma capacidade finita.

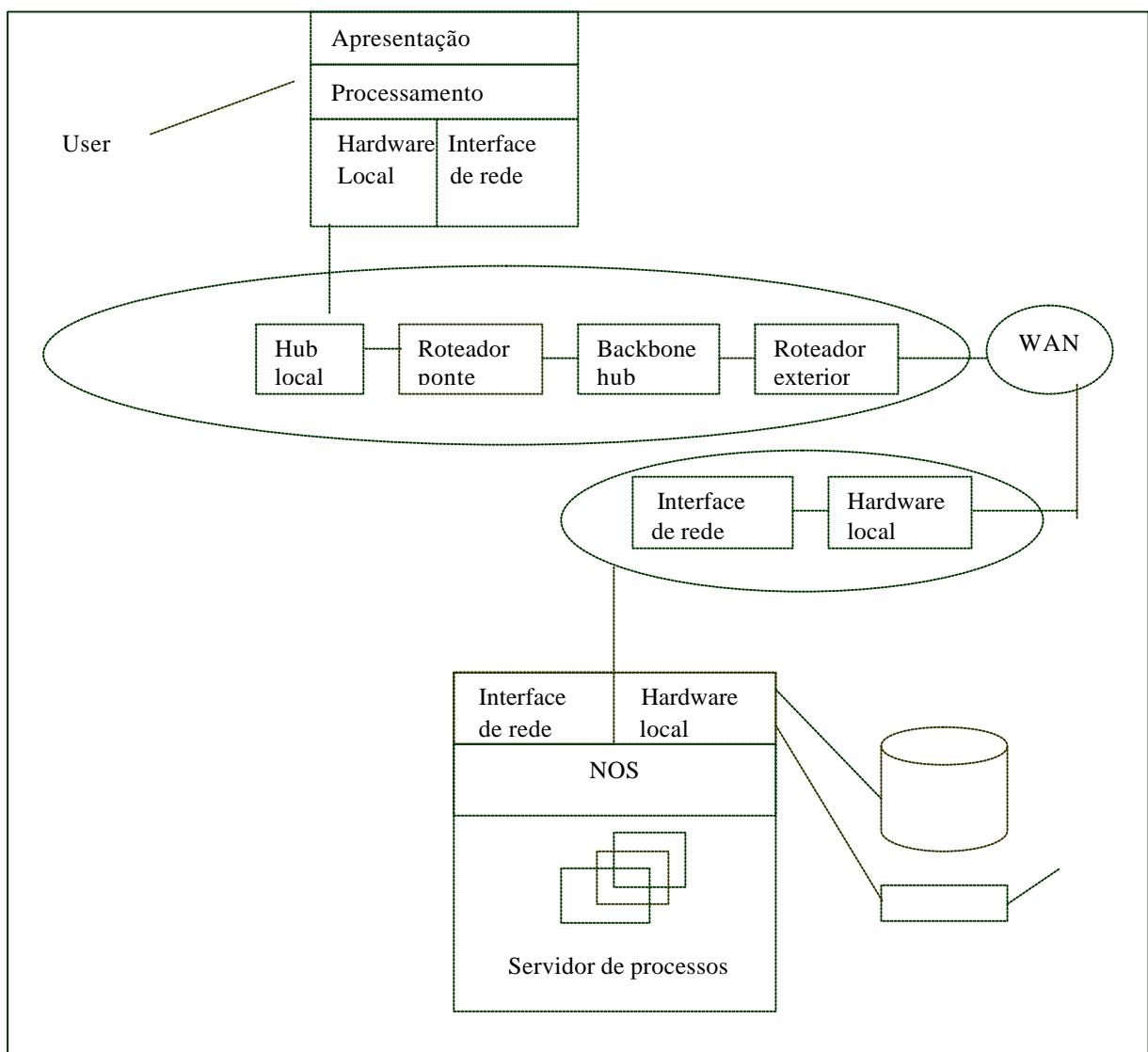


Fig 4.2 Multicomponentes, caminho entre usuário e serviço

Projetar escalabilidade envolve calcular a capacidade de cada um destes elementos e a extensão da capacidade que pode ser aumentada. Por exemplo, uma rede Ethernet é uma LAN de capacidade média na qual nunca poderia exceder 50 por cento da utilização e a capacidade não é facilmente incrementada. 10 Mbps é a taxa de dados mais comum, embora possa ser atualizada para 100 Mbps. O custo da atualização é significativo já que placas de interface de rede, hubs e possivelmente cabeamento deverão ser trocados. Bons projetos minimizam a utilização dos componentes que não são escaláveis. Também, o elemento que é mais fraco em termos de capacidade disponível (e a extensão que esta capacidade pode ser aumentada facilmente) deveria a ser a principal consideração em termos de projeto. Existem quatro componentes principais a serem considerados em um projeto de escalabilidade: estação cliente, LAN, servidores e a WAN.

### **Escalabilidade em estações cliente**

Estações são escaláveis devido ao grande número de processadores, memória principal, disco e outros subcomponentes opcionais disponíveis por um custo razoável. O outro atrativo é que a memória é um recurso normalmente dedicado (não-compartilhado). Contudo, quando as estações aumentam a escala, o próprio balanceamento entre a velocidade da CPU, RAM, capacidade de disco, taxa de I/O no disco e interface de rede (medido por pacotes transferidos por segundo) mantém a performance adequada com o incremento de novas aplicações.

### **Escalando a LAN**

Como observado antes, as LANs com compartilhamento médio não oferecem grande alcance de velocidade dentro de um tipo de rede particular (e.g. Ethernet). Isto não é um grande problema em uma pequena configuração cliente/servidor de um pequeno grupo de trabalho entre 10 e 30 usuários. Por exemplo, em uma LAN Ethernet com 20 clientes PCs, com cada usuário gerando 10 pacotes por segundo (cada pacote de 300 bytes de tamanho em média), isto é igual a 17 por cento da utilização da capacidade Ethernet ( uma LAN Ethernet congestionará se mais de 1200 pacotes de 300 bytes por

segundo forem enviados). Contudo, se o número de clientes aumentar para 120, então a LAN saturará.

A capacidade excedida da LAN pode ser evitada se o pico de tráfego de carga for reduzido ou amenizado com a redistribuição da carga de algumas aplicações para fora do horário de pico (e.g. transferência de grande quantidade de dados). Um candidato a redistribuição é a transferência de gráficos e outros dados de imagem que resultam na transmissão de grande número de pacotes com tamanho máximo (1500 bytes no caso da Ethernet). Em 1500 bytes por pacote, 375 pacotes por segundo é suficiente para saturar a LAN Ethernet. Outra situação que poderia ser evitada é o caso onde as aplicações cliente são enviadas repetidamente (enviar requisições) para os servidores – por exemplo determinar o status do servidor. Isto é aceitável quando o número de clientes é pequeno, mas não para uma escala maior, quando 100 clientes estão repetidamente enviando pedidos para o servidor, a rede saturará facilmente. Finalmente, a infraestrutura de rede deveria ser cuidadosamente projetada para localizar o tráfego, isto é, evitar o fluxo de tráfego desnecessário sobre o backbone da rede. Isto é obtido através do uso inteligente de pontes e roteadores, organização cuidadosa dos servidores (levar em conta o perfil de acesso cliente/servidor).

ATM é uma opção atraente para LAN, porque ela não é de compartilhamento médio, e sim uma tecnologia de rede escalável. Se a infra-estrutura de TI for baseada em ATM então a rede pode ser considerada como escalável contanto que o switching ATM e as opções de velocidade da porta sejam flexíveis.

### **Escalando o servidor**

Um servidor é por definição um recurso compartilhado. Portanto, existe sempre um risco de exaustão da capacidade do servidor. A medida crítica da capacidade para um servidor depende de que serviços estão sendo oferecidos. Normalmente a força de processamento é um componente crítico (medida grosseiramente em termos de MIPS consumido por tipo de requisição de cliente). Outro componente pode ser taxa de I/O de disco (medida em acessos I/O por segundo) e capacidade de disco (megabyte por cliente ou pedido de cliente). Dependendo do projeto do servidor, em ambos casos o servidor alcançará o limite da capacidade e uma falha bloqueará todas futuras requisições de

clientes ou filas acumularão contendo requisições de clientes para acessar os recursos do servidor. O cálculo do resultado no tempo de resposta no incremento de requisições de clientes não é simplesmente uma projeção linear, os efeitos dos atrasos na fila devem ser estimados. Contudo, a projeção linear pode ser usada como um guia grosseiro para os efeitos do aumento do número de clientes.

Algumas técnicas podem ser empregadas para melhorar a escalabilidade. Um projeto de servidor escalável minimiza e impõe um limite na quantidade de trabalhos feitos em nome de um cliente. Na prática isto pode ser implementado distribuindo resultados parciais e permitindo ao cliente subsequente requisitar mais dados. A quantidade de trabalhos feitos por um servidor em nome de um cliente pode ser diminuída movendo alguns trabalhos para os clientes já que este é um recurso dedicado. Isto é o primeiro passo da ação. A frequência de pedidos dos clientes poderá ser reduzida movendo alguns dados para o cliente (e.g. usando caching) para processamento local. De qualquer modo, processamento baseado em servidores é mais apropriado quando o tráfego da rede for grande, porque gera um movimento de dados para estação do usuário fazer processamento local. Neste caso um servidor baseado em *'store procedure'* pode ser uma opção melhor já que o servidor é tipicamente mais escalável que uma rede de compartilhamento médio.

A escalabilidade pode ser também aumentada para assegurar que o servidor controle o diálogo entre ele e seus clientes. Quando um cliente faz um pedido, o servidor que está com o controle pode escolher o serviço imediatamente, colocá-lo na fila para processar mais tarde, ou rejeitá-lo porque ele está ocupado. Se um requisito de cliente for rejeitado ele continuará reenviando o pedido até o servidor responder. Isto não é uma solução escalável já que muitos clientes rejeitados adicionam atrasos ao servidor (enquanto ele rejeita os novos pedidos) e aumenta a carga na rede. Um enfoque mais escalável é assegurar que quando um servidor rejeitar um pedido de cliente, ele indique respondendo ao cliente quando ele poderá reenviar o pedido. Os clientes não enviarão pedidos até que o tempo tenha expirado. Isto tem o efeito de manter o serviço com tempo de resposta alto. No decorrer do tempo, se o número médio de pedidos de clientes rejeitados por unidade de tempo ou a média de tempo bloqueado (medido com o

tempo entre o primeiro pedido e o recebimento da resposta do pedido dado) for altamente inaceitável, servidores seriam adicionados ou o servidor atual atualizado.

### **Escalando a WAN**

A capacidade das redes WANs é pelo menos uma ordem de magnitude menor que as LANs, e as WANs são mais propensa a erros. Isto se traduz em uma taxa de transmissão de pacotes muito reduzida. Assim, a regra é minimizar a quantidade de dados que precisa ser enviado por uma WAN. De uma forma grosseira, uma WAN é dez vezes mais lenta que uma LAN. Com a introdução das WANs com banda larga, a diferença de velocidade e taxa de erros entre a WAN e LAN será reduzida rapidamente. Regras de projetos separados de WANs e LANs não serão mais necessários já que cada uma exibirá confiabilidade e performance similar.

### **4.3 Escalabilidade em Vídeo sob Demanda**

O objetivo de um serviço de Vídeo sob Demanda (do inglês, Video on Demand – VoD) é atender a clientes interessados em assistir vídeos através de uma rede (de preferência de alta velocidade). O cliente, ou seja, o usuário que deseja assistir um vídeo pode requisitar a exibição deste vídeo a qualquer momento. O tempo que o cliente tem que esperar do momento em que efetua uma requisição por um vídeo até o momento em que a exibição se inicia é denominado latência. Quanto menor a latência, mais satisfeito o cliente ficará com o serviço. Um sistema de VoD é composto pelos seguintes módulos: um ou mais servidores de vídeo, um sistema de armazenamento geralmente representado por discos, estações clientes e uma rede servindo como o canal de comunicação. Hoje em dia, existem mecanismos que podem ser utilizados para obter uma menor latência no serviço de VoD em biblioteca digital que serão tratados nas subitens abaixo.

#### **4.3.1 Arquitetura dos Sistemas de Servidores de Vídeo Escalável**

Um dos grandes problemas na biblioteca digital é a manipulação das mídias contínuas (fluxo de vídeo e fluxo de áudio), devido ao alto volume de informações que são manipuladas e principalmente os requisitos de continuidade temporal de

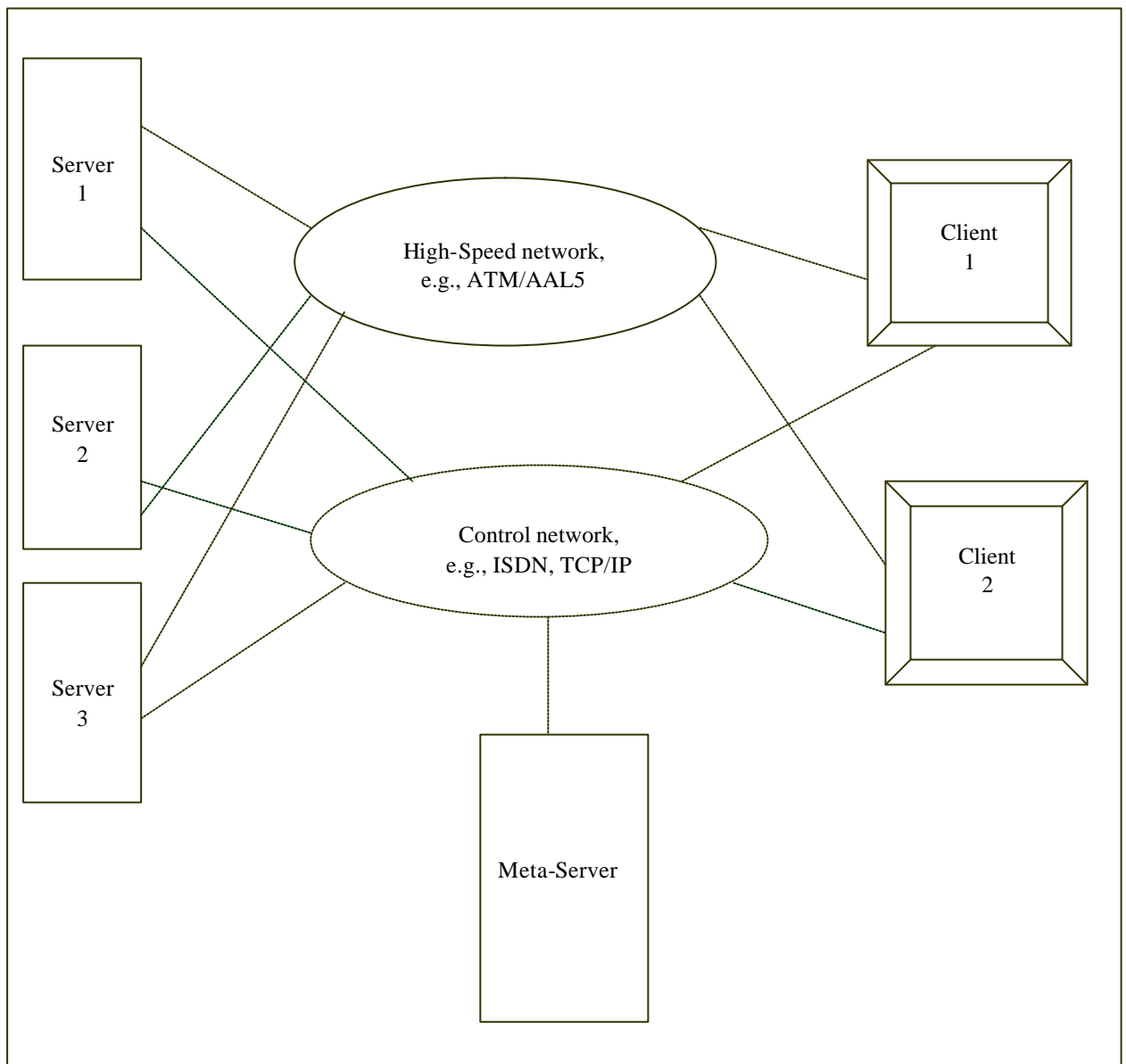


apresentação deste tipo de mídia. Este tipo de mídia necessita de grande largura de banda e capacidade de armazenamento.

O servidor é um sistema computacional, parte integrante da infra-estrutura de uma biblioteca digital, que oferece serviços multimídia para outros sistemas que agem como clientes multimídia. Os servidores multimídia devem ter alta capacidade de armazenamento e funcionalidades de captura de informações multimídia, e podem ser dedicados a um tipo de mídia específico (servidor de vídeo, de áudio,...).

Um sistema de servidores de vídeo consiste de clientes e servidores conectados a uma rede de alta velocidade. Além disso, meta-servers também podem ser parte de um cenário de um servidor de vídeo.

Os clientes acessam dados de vídeo de um ou mais servidores. Os servidores de vídeo armazenam dados de vídeo em dispositivos de alta capacidade de armazenamento tal como discos e até mesmo vetores de discos. Os clientes acessam principalmente dados de vídeo associados a dados de áudio do servidor, mas além disso, clientes e servidores também alternam o controle de informações para gerenciar o fluxo de dados de vídeo. Alguns exemplos como tocar, avançar, retroceder. A Fig. 4.3 mostra uma arquitetura de servidor de vídeo.



*Fig. 4.3 Arquitetura de Servidor de Vídeo*

O meta-server fornece as funções de controle para gerenciar totalmente o sistema de servidor de vídeo. Por exemplo, um cliente pode pedir para o meta-server por um nome e endereço que ele precisa para acessar um fluxo de dado de vídeo. O meta-server também pode fornecer informações como; nome de arquivos, tamanho de arquivos, taxa de quadros, esquema de compressão ou descrição do conteúdo do vídeo para o cliente. Dependendo da informação recebida do meta-server o cliente seleciona um servidor de vídeo apropriado dentro de um grupo possível de servidores[Lu, 96].

Desta forma, o gerenciamento do sistema torna-se mais escalável porque permite um balanceamento na carga de informações na rede.

O meta-server também controla os servidores de vídeo entre si. Ele pode configurar os servidores e gerenciar o sistema de armazenamento, e.g., vídeos populares devem ser distribuídos para um número maior de servidores do que os vídeos não populares. O meta-server também deve fornecer funções de controle e coletar dados necessários, tal como número e duração do vídeo acessado. Estatísticas de acesso coletadas pelo meta-server devem ser usadas para otimizar a performance de todo sistema. Com estas informações de controle é possível, também, melhorar o nível de escalabilidade porque evita gargalos na rede mantendo a distribuição da carga homogênea.

#### **4.3.2 Conjuntos de Servidores**

Um único servidor não pode suportar um grande número de clientes com um grande número de diferentes fluxos de vídeos. São necessários conjuntos de servidores para viabilizar a demanda de requisições e tornar o sistema escalável, caso contrário haveria um grande congestionamento prejudicando a qualidade do serviço.

Um primeiro enfoque do uso de conjuntos de servidores é distribuir somente filmes completos para os servidores. O cliente deve pedir ao meta-server para contactar um servidor de vídeo apropriado para acessar o filme desejado. Isto significa dizer que o servidor deve estar em condições de atender o cliente, ou seja, não pode estar sobrecarregado com serviços de outros clientes. O meta-server deverá ter conhecimento sobre a popularidade do vídeo e configurar um número de servidores de vídeo apropriado para armazenar a maioria dos filmes populares. Esta solução funcionará contanto que os servidores descarregados sejam capazes de satisfazer certos requisitos.

Outra abordagem é implementar um mecanismo de desmonte [Bernhardt, 1995]. Neste caso, os vídeos são divididos em subgrupos de quadros de vídeo sem sobreposição, e cada subgrupo de quadros é armazenado em um servidor separado. Quando um cliente solicita um filme, cada servidor transmite seu subgrupo de quadros como um subfluxo. O cliente recebe os diferentes subfluxos e remonta completamente o

fluxo de vídeo. Este enfoque tem a vantagem que a carga dos servidores está bem distribuída entre os servidores e que cada servidor armazenará a mesma quantidade de dados de vídeo. De qualquer modo, os diferentes servidores devem começar suas transmissões aproximadamente ao mesmo tempo, e a sincronização do fluxo deve ser desempenhada em ordem para evitar grande tempo de buferização nos clientes.

#### **4.3.3 Projeto ANSP [Ruggiero, 2000]**

O projeto ANSP [Ruggiero, 2000] propõe uma arquitetura de armazenamento distribuído para amenizar a escalabilidade.

A largura de banda possível atualmente nos roteadores está em torno de dezenas de Gbps. Isto mostra que a quantidade de largura de banda num enlace é finita, precisando recorrer-se a outros recursos para diminuir a largura de banda necessária. Um dos recursos é utilizar uma infra-estrutura de armazenamento distribuído como o que está sendo desenvolvido na Internet 2, projeto I2-DSI, *Internet2 Distributed Storage Infrastructure Project*. Este projeto prevê o uso de equipamentos para armazenamento de grande volume de informação. Este equipamento funcionará como *Server Channels*, um conceito diferente de *Caching* e *Mirror*. A idéia básica consiste em ter *channels* (conjunto de dados em um sistema de armazenamento) replicados em uma infra-estrutura distribuída. As requisições de cada usuário serão direcionadas para o servidor mais próximo do cliente requisitante e o resultado é que o tráfego da rede ficará mais próximo do local do requerente e a carga balanceada nos servidores distribuídos. Nesta arquitetura a utilização da rede fica bem dimensionada evitando o compartilhamento com outros serviços e contribuindo para manter o nível de escalabilidade do sistema.

#### **4.3.4 Dyna Video [Leite, 2001]**

[Leite, 2001] apresenta um serviço para distribuição de vídeo denominado Dyna Video (Dynamic Video Distribution Service). Esse serviço foi concebido para distribuir vídeo de forma independente do seu formato e para interagir com diferentes tipos de clientes. A principal característica do Dyna Video é a possibilidade de, dinamicamente, ajustar a configuração do serviço para uma dada demanda. No Dyna Vídeo, a demanda é definida pelo número, tipo e localização de clientes. As aplicações alvo do serviço são

a difusão de TV Digital e Vídeo sob Demanda. O ajuste é feito com base no conceito de replicação móvel. Réplicas do servidor de vídeo podem ser criadas em tempo real e movidas para pontos da rede que permitam o atendimento a uma determinada demanda. Para tal, as réplicas são implementadas como código móvel. Nestas aplicações, a demanda pode mudar de uns poucos para milhões de usuários em um curto intervalo de tempo. Neste cenário, em que ocorre uma acentuada flutuação na intensidade do serviço prestado, se não houver este mecanismo de gerenciamento da replicação dinâmica de servidores ficaria comprometida a característica da escalabilidade do sistema.

O serviço Dyna Video pode ser dinamicamente configurado. Esta é a sua principal característica. Esta flexibilidade permite que o serviço automaticamente se ajuste para variações na demanda. A idéia é que o serviço continuamente tente encontrar uma configuração otimizada para atender uma dada demanda. No Dyna Video, a demanda é definida pelo número, tipo e localização dos clientes. As aplicações alvo do serviço são a difusão de TV Digital e Vídeo sob Demanda. Nestas aplicações, a demanda pode mudar de uns poucos para milhões de usuários em um curto espaço de tempo.

#### **4.4 Conclusão**

Este capítulo descreveu conceitos fundamentais na área de escalabilidade em sistemas distribuídos e tratou das soluções existentes na literatura para melhorar o nível de escalabilidade e manter esta característica nos sistemas, mas não foi encontrada nenhuma alternativa destinada especificamente para biblioteca digital.

Um aspecto importante ao projetar escalabilidade envolve o cálculo da capacidade de cada um dos elementos da infra-estrutura de um sistema distribuído, pois cada componente possui uma capacidade finita. Existem quatro componentes principais a serem considerados em um projeto de escalabilidade: estação cliente, LAN, servidores e WAN.

Um dos temas focado foi o Vídeo sob Demanda cujo objetivo é que os clientes assistam vídeos através de uma rede sob demanda. Uma característica importante do

VoD é a latência, ou seja, o tempo que o cliente tem que esperar desde o momento que ele faz a requisição por um vídeo até o momento em a exibição se inicia.

O capítulo 2 apresentou arquiteturas de bibliotecas digitais, mas nenhum dos trabalhos tiveram a preocupação com a escalabilidade. Por outro lado, este capítulo aprofundou os estudos sobre a escalabilidade, mas da mesma forma, sem encontrar nenhuma solução ou trabalho aplicados especificamente em biblioteca digital. O próximo capítulo apresentará uma proposta de biblioteca digital multimídia distribuída com características escaláveis que é o objetivo desta dissertação.

## **Capítulo 5. Uma Arquitetura Escalável para a Biblioteca Digital Multimídia Distribuída**

Conforme o estudo apresentado no capítulo anterior, existem trabalhos propondo alternativas para amenizar o impacto da alta demanda procurando garantir a qualidade de serviço. Mas infelizmente, não foram encontradas propostas destinadas especificamente para escalabilidade em bibliotecas digitais.

Este capítulo propõe uma alternativa para minimização do impacto da escalabilidade nas bibliotecas digitais, através do gerenciamento do sistema de busca e acesso de mídias contínuas. Ele propõe uma nova visão na arquitetura de biblioteca digital multimídia BDMm, chamada de Biblioteca Digital Multimídia BDMm Escalável. A idéia básica consiste de um balanceamento de carga de servidores de multimídia contínua, através de um balanceador de carga que monitora e interfere em um sistema de servidores, replicando mídias dinamicamente, em uma estrutura distribuída.

Este trabalho é uma extensão do módulo de biblioteca digital distribuída - BDMm [Pistori, 2000], visando inserir a escalabilidade via balanceamento de carga dos servidores. O balanceador de carga, de posse de determinadas informações de controle, gerenciará a carga dos servidores interferindo no funcionamento dos mesmos, ou seja, replicando mídias nos servidores, se for necessário, para amenizar o impacto da demanda, desta forma mantendo a qualidade do serviço.

O objetivo deste trabalho é oferecer ao público em geral uma arquitetura de biblioteca digital com escalabilidade, capaz de ser implementada e disponibilizar ao público o acesso simples e eficiente de informações textuais, imagens, áudios e vídeos.

Esta proposta está voltada para o balanceamento de carga nos servidores sem se preocupar com o tráfego de dados na rede. Por exemplo, verificará qual servidor tem as melhores condições de enviar a mídia para o usuário, dessa forma gerenciando o balanceamento de carga dos servidores na rede. Se houver sobrecarga no servidor solicitado então poderá ser remanejado para um servidor com as mesmas características

para atender esta solicitação. Este processo fica transparente no nível de visão do usuário porque não altera as interfaces com o usuário.

Outro aspecto a ser salientado e que não está previsto neste trabalho é que a partir do momento que o usuário fez a solicitação, ele não poderá interagir mais com a mídia. A partir deste momento o fluxo da mídia é controlado pelo balanceador.

## 5.1 Arquitetura Proposta

A arquitetura proposta busca fornecer um mecanismo simples, de fácil implementação, para a utilização em bibliotecas digitais escaláveis. A arquitetura para Biblioteca Digital proposta, denominada Biblioteca Digital Multimídia Escalável, é apresentada na Fig. 5.1. Os elementos essenciais da arquitetura de Biblioteca Digital Multimídia Escalável são os seguintes:

- ? **O meta-servidor.** Fornece funções de gerenciamento do sistema da biblioteca digital e atendimento de solicitações dos clientes da biblioteca. Quanto aos serviços de atendimento aos clientes da biblioteca digital, o meta-servidor procura o servidor menos sobrecarregado para recuperação da mídia, através do balanceador, desta forma agilizando o processo de acesso a mídia. Quando se diz que o metaservidor faz balanceamento, isto significa que ele redireciona o acesso à mídia para o servidor que não esteja sobrecarregado através de uma lista de servidores. A replicação de mídia, também, é um recurso utilizado pelo metaservidor para balancear os acessos às mídias. O meta-servidor é composto de: a) Repositório de Metadados (RM); b) Servidor *Web*; c) Balanceador de Carga; d) Servidores de Mídias; e) Gerenciador da Biblioteca Digital Multimídia (GBDMm); f) Interface Comum de Acesso aos Metadados (ICAMD); g) Interfaces com o Usuário, Autor e Administrador; h) Cliente Z39.50; e i) Servidor Z39.50.
- ? **Servidores de Mídia:** são responsáveis pela distribuição e armazenamento dos objetos digitais. Podem ser utilizados vários tipos de servidores, dentre eles os servidores de áudio e vídeo em tempo real e servidores de mídias



estáticas (imagens, textos, etc.). Para a BDMm, os servidores de mídias podem estar em diversos locais da rede.

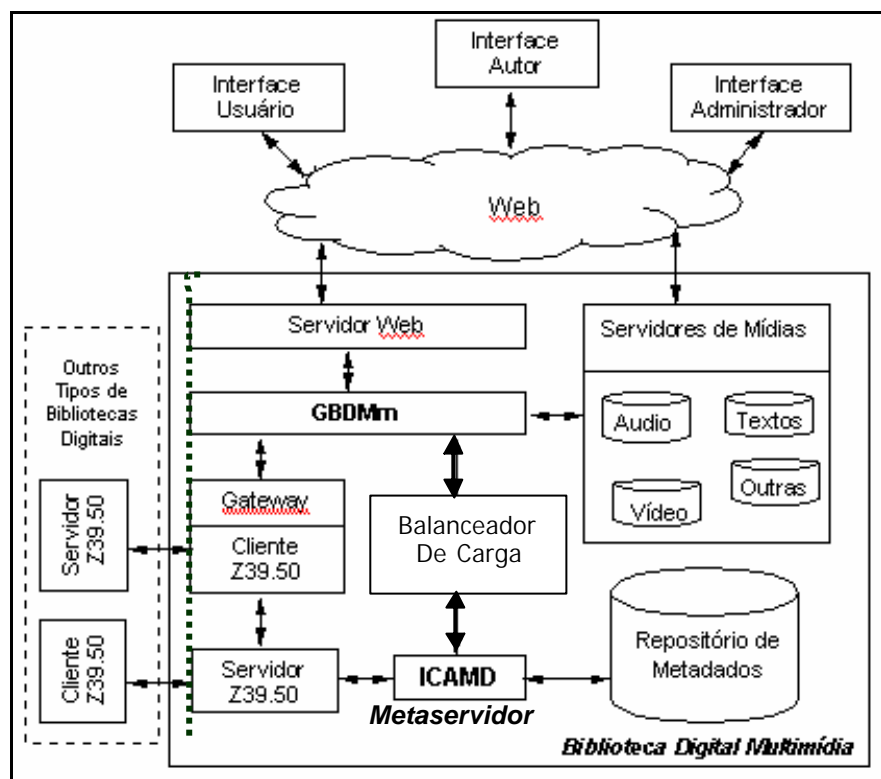


fig. 5.1 Arquitetura proposta para a Escalabilidade no acesso e busca em BDMm

A nova arquitetura proposta neste trabalho envolve a inclusão de novas funcionalidades do metaservidor como balanceamento de carga de servidores e replicação da mídia em servidores de mídia contínua. Quanto aos servidores as funcionalidades permanecem as mesmas. Nas seções que seguem serão apresentados os novos elementos e funcionalidades adicionadas ao meta-servidor da BDMm afim de torná-la uma arquitetura escalável. Os demais módulos não são apresentados pois não sofreram alterações e permanecem com a mesma configuração apresentada no capítulo 3.

### 5.1.1 Repositório de Metadados (RM)

Metadado é um conjunto de informações utilizadas para descrever um objeto, ou seja, são os atributos dos objetos digitais. O conjunto de metadados utilizados para descrever um objeto digital depende do tipo de mídia. Alguns metadados são comuns para todos os tipos de mídia, como o título, autor, data de criação, tipo de mídia,

descrição, palavras-chaves, contribuinte e a identificação do servidor de mídia contendo o objeto digital. Estas informações são utilizadas no momento da busca do objeto digital e também no momento da geração da lista de resultados da busca.

Para possibilitar as operações de balanceamento de carga e replicação de mídia, os seguintes meta-dados foram definidos para as mídias dinâmicas (Áudio, Vídeo e Animação) da BDMm:

- ? **Duração da mídia:** contém a duração da apresentação da mídia.
- ? **Taxa de bits da mídia:** contém a taxa de transmissão da mídia, ou seja, a quantidade de bits por segundo.
- ? **Servidores:** é uma lista possuindo em cada elemento o servidor de mídia contendo a mídia e a quantidade de acessos atuais à mídia no servidor. Esta lista é usada apenas para o controle de mídias replicadas. A tabela na fig. 5.2 ilustra como esta lista está representada na tabela de metadados.

Servidor	Número de acessos
Servidor1	1
Servidor2	1
Servidor3	2

Fig. 5.2 Tabela de servidores com replicação de mídia

Aos servidores de mídia serão associados os seguintes metadados:

- ? **Tipo de servidor:** identifica o servidor adequado para o tipo mídia, exemplo: servidor de áudio, servidor de vídeo.
- ? **Largura de banda máxima suportada (LBMS):** Este metadado contém a capacidade máxima de largura de banda do servidor.
- ? **Largura de banda total (LBT):** mantém a taxa de bits que o servidor está efetivamente atendendo em determinado momento.

Ao sistema da biblioteca digital será associado o seguinte metadado:

- ? *Lista de servidores*: Contendo uma lista de todos os servidores de mídia disponíveis no sistema da biblioteca digital multimídia.

### 5.1.2 Balanceador de Carga

Outra mudança na arquitetura é que o processo de busca dos metadados realizado pelo GBDMm, colocando na página de resultado de busca a lista de resultado com as mídias e seus respectivos URLs, que satisfazem os formulário de busca (ver Fig. 3.4), agora tem um link para o metaseridor que ativa o procedimento de busca do servidor não sobrecarregado. O processo de busca do servidor não sobrecarregado é realizado com um controle dinâmico de carga nos servidores através de uma lista de servidores com mídias replicadas, gerenciada pelo balanceador de carga, que é detalhado no algoritmo a seguir.

Outro procedimento do balanceador de carga é replicar as mídias solicitadas em outros servidores não sobrecarregados, caso não haja servidores sem sobrecarga na lista de servidores de mídias replicadas..

O procedimento de balanceamento de carga e a replicação de mídia é realizado de forma dinâmica, baseado nas informações de controle e estatística obtidas dos metadados específicos que permitem o balanceamento da carga dos servidores do sistema. Nas Fig. 5.3 e 5.4 são apresentados os fluxogramas detalhados com a lógica de execução do balanceador carga. A figura 5.3 apresenta os procedimentos realizados no momento da solicitação de apresentação de uma mídia. A figura 5.4 apresenta os procedimentos realizados no momento do fim de apresentação de cada mídia contínua.

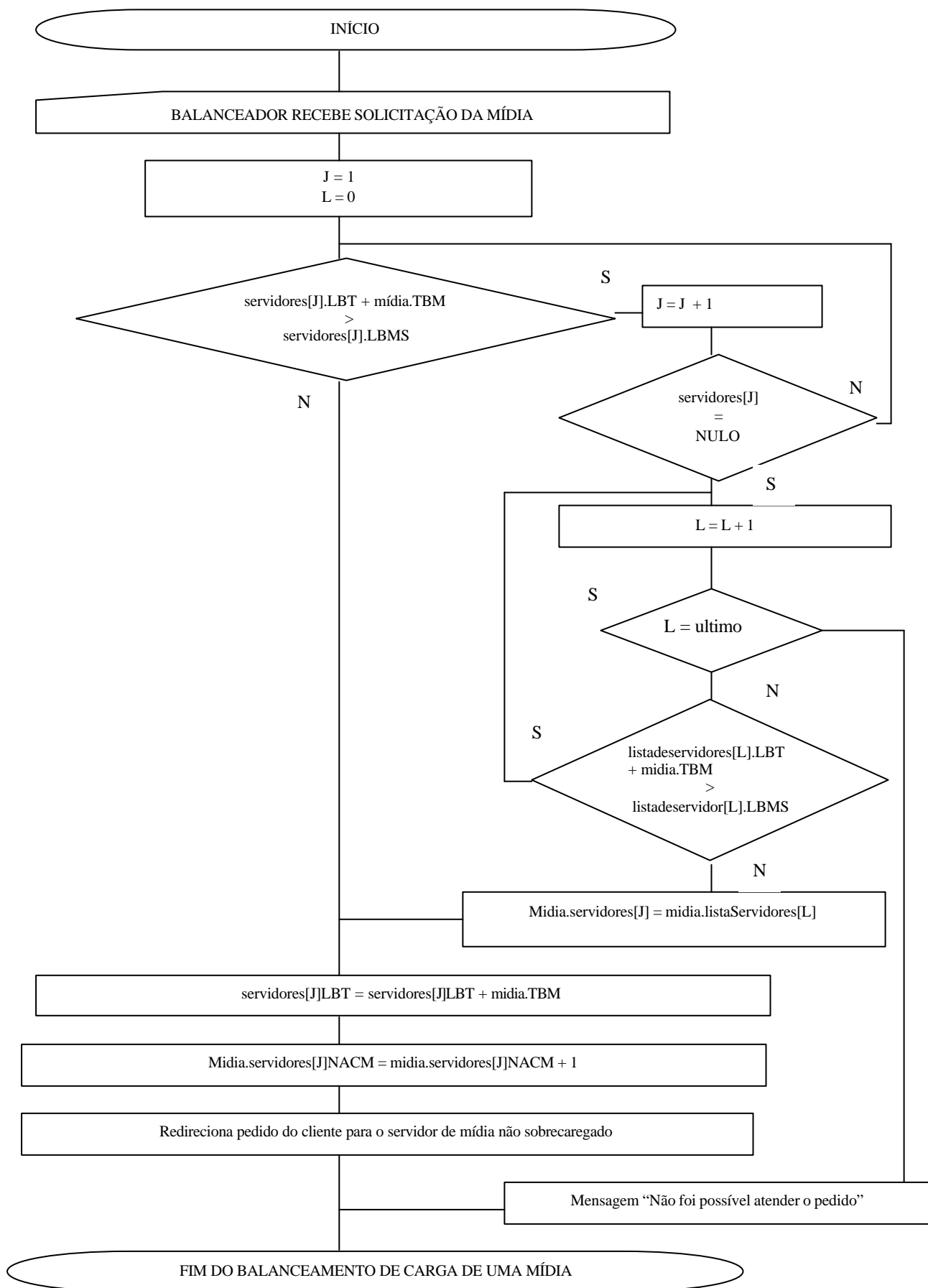


Fig. 5.3 Fluxograma da lógica de execução do balanceador de carga

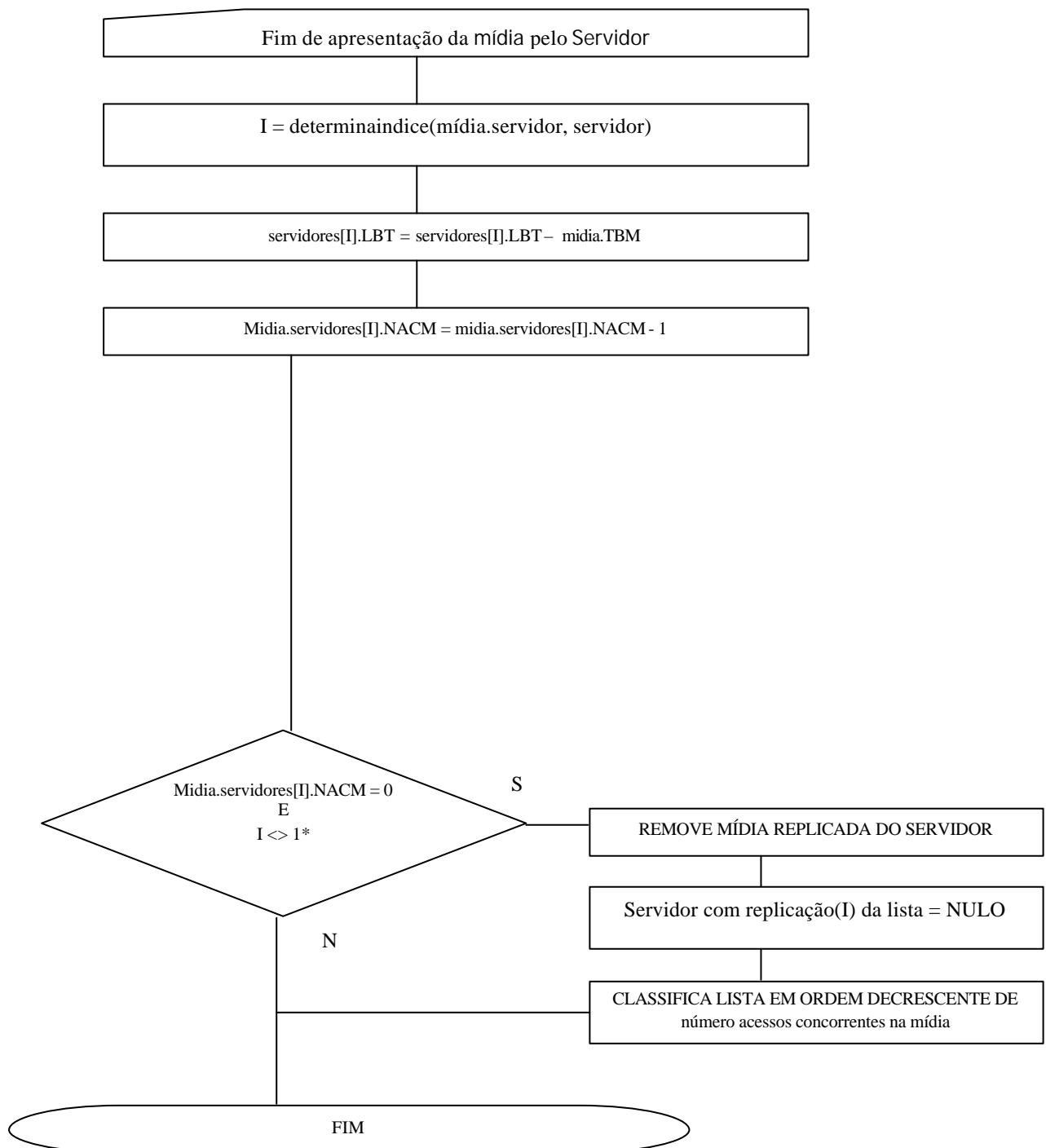


Fig. 5.4 Fluxograma do Controlador de apresentação da mídia

### Algoritmo de execução do balanceador de carga

O processo de balanceamento de carga é ativado em toda solicitação de visualização de uma mídia contínua realizada por parte do cliente da biblioteca digital. As atividades realizadas são as seguintes (ver fig. 5.3):

1. Inicialmente o balanceador de carga aguarda uma solicitação de uma mídia (mídia denota a estrutura armazenando os meta-dados associados à mídia). Este processo acontece quando o usuário clica em uma mídia no resultado da busca.
2. Como etapa seguinte, o balanceador busca por um servidor de mídia que contenha a mídia e não seja sobre-carregado com esta nova solicitação. Para tal, o balanceador varre `mídia.servidores` a busca de um servidor que atenda a seguinte condição:  $\text{Servidores.Largura de banda máxima suportada} > \text{servidores.Largura de banda total} + \text{mídia.Taxa de bits da mídia}$ . Neste processo o balanceador seleciona o primeiro servidor que ele encontrar e não estiver sobrecarregado. Este cálculo é realizado considerando somente a taxa de pico do vídeo. Com isto, o servidor garantirá a 100% que os recursos são suficientes para a transmissão de todos os vídeos atendidos. Esta solução garante o atendimento das solicitações dos clientes, mas existe um desperdício de recursos. Como o tráfego de vídeo é em rajadas, a soma das taxas dos vídeos transmitidos nunca será igual a soma das taxas de pico destes vídeos. Além disso, esta proposta não leva em consideração o estado da rede, nem a proximidade do servidor em relação ao cliente. Esta problemática será deixada para trabalhos futuros.
3. Contudo, se `mídia.Servidores` não apresentar nenhum servidor que atenda a restrição acima (todos os servidores estejam no seu limite de carga), então o balanceador buscará um servidor no meta-dados `Lista de servidores`, um servidor que não esteja sobrecarregado para replicar esta mídia nele, e acrescentar este novo servidor na `mídia.servidores` com replicação. Quando ocorrer esta situação então o usuário terá que aguardar esta transferência antes de visualizar a mídia.

- ⊘ Caso nenhum servidor tenha condições de atender o pedido, será informado ao usuário da biblioteca digital que a mídia não poderá ser apresentada no momento.
- ? Caso um servidor tenha condições de atender o pedido, então em servidores.largura de banda total é acrescentada de mídia.taxa de bits da mídia. Além disso, o número de acessos à mídia no servidor é incrementado (mídia.servidor.numero de acessos concorrentes).
- ? Identificado o servidor da mídia adequado (servidor), o balanceador redireciona a solicitação de apresentação de mídia realizada pelo usuário para o servidor de mídia servidor.

### **Controlador de fim de apresentação (módulo do balanceador de carga)**

No final de apresentação de cada mídia contínua, o balanceador de carga deve proceder a atualização dos metadados de controle e realizar a limpeza de mídias replicadas.

Existem pelo menos duas formas de identificação do final apresentação de uma mídia contínua: o servidor de mídia informa ao meta-servidor, ou o meta-servidor determina o fim da apresentação via a duração da mídia. Esta última opção não considera tempo de bufferização de apresentação, nem interações com o usuário. Portanto, o primeiro método é o preferido. Infelizmente, os servidores de mídia utilizados são implementados por terceiros, não havendo a possibilidade de adicionar esta nova funcionalidade ao servidor de mídia, ficando para trabalhos futuros o aprofundamento nesta outra alternativa.

Notificado o fim de apresentação de uma mídia, realizada por um servidor, o seguinte procedimento é realizado (ver fig. 5.4):

- ? O controlador atualiza a largura de banda do servidor servidor, subtraindo a taxa de bits da mídia cuja apresentação foi concluída, ou seja: servidores.largura de banda total = servidores.largura de banda total – mídia.taxa de bits da mídia.

- ? Além disso, o número de acessos da mídia neste servidor é decrementado, ou seja,  $\text{mídia.servidor.número de acessos concorrentes a mídia} = \text{mídia.servidores.número de acessos concorrentes a mídia} - 1$ .
- ? Finalmente, o balanceador controla para que as mídias replicadas que não estejam sendo acessadas, nos servidores com replicação, fiquem ocupando área desnecessariamente. Se o metadado `Mídia.servidor.Número de acessos concorrentes` na mídia for igual a zero e não for a primeira mídia da lista, então o balanceador remove a replicação desta mídia do servidor e apaga o nome do servidor da lista de servidores com replicação (ver fig. 5.4). Futuramente serão adotados outros mecanismos, através de outros dados de controle e estatística, para remoção das mídias que estão sendo mais requisitadas. Informações como o histórico do número de acessos a esta mídia permitirá identificar se é uma mídia muito requisitada, podendo deixar ela duplicada em vários servidores ou se for uma mídia pouco requisitada, deixar a mídia em apenas um servidor.

### 5.1.3 Conclusão

Este capítulo apresentou as alterações necessárias na Biblioteca Digital Multimídia (BDMm) para se atingir a escalabilidade através do balanceador de carga de servidores. Com esta reconfiguração é possível atingir uma carga equilibrada dos servidores e consequentemente um bom grau de escalabilidade.

Um ponto importante nesta nova arquitetura é a integração entre o GBDMm, o ICAMD e o Balanceador de carga, onde eles trocam informações a cada pedido de cliente. Baseado nestes dados o balanceador direciona para o servidor menos sobrecarregado a recuperação da mídia..

Outro aspecto a ser considerado nesta transição é o incremento dos novos metadados nas tabelas do repositório de metadados. Com estas novas informações o balanceador de carga tem subsídio suficiente para avaliar e manipular a distribuição de carga nos servidores.



Como o balanceador tem controle de todas réplicas de mídia e servidores de replicação ele tem condições para eliminar as mídias que não estão sendo mais acessadas e apagar da lista de servidores replicados o servidor que não está sendo mais usado para replicação. Com esta dinâmica, é possível liberar os recursos para as novas apresentações de mídias que forem solicitadas.

Este trabalho considera que a partir do momento que o usuário fez a solicitação, ele não poderá interagir mais com a mídia. Esta é uma limitação da proposta que deverá ser tratada no futuro pelos pesquisadores interessados na área de biblioteca Digital Multimídia.

## Capítulo 6. Conclusão Final

As modificações tecnológicas e as recentes concepções de gerenciamento de recursos de informação têm causado uma quebra no paradigma dos modelos tradicionais de bibliotecas. O conceito de biblioteca digital se apresenta como uma alternativa para ampliar as condições de busca, disponibilidade e recuperação de informações de maneira globalizada, qualitativa, pertinente e racional, aliando o acesso local ao acesso remoto, com base nas redes de telecomunicação disponíveis. Embora o conceito de biblioteca digital esteja ainda em construção, um cuidadoso planejamento deve ser elaborado, tendo em vista a transição do modelo tradicional de bibliotecas para o modelo de biblioteca digital.

Como visto neste trabalho, alguns passos são apresentados para esta nova tecnologia, e todas buscam um mecanismo eficiente para ser utilizado em bibliotecas digitais. O objetivo deste trabalho foi analisar estas diversas propostas, e propor uma arquitetura que pudesse contribuir para o desenvolvimento desta tecnologia.

O primeiro passo deste trabalho foi identificar os requisitos para a criação de uma biblioteca digital distribuída com escalabilidade, vimos que o projeto de criação de uma biblioteca digital está dividida em: a) criação e captura; b) gerenciamento e armazenamento; c) busca e acesso; d) disponibilização; e e) tratamento de direitos autorais. Apesar do estudo identificar todas estas fases, a proposta apresentada, atinge apenas os itens b e c, sendo que os outros itens são estudados pelo Grupo Bibliotecas Digitais mas não foram alvos deste trabalho.

Com o conhecimento dos requisitos de desenvolvimento de bibliotecas digitais, partiu-se para a pesquisa das propostas já existentes. Foram encontradas boas propostas para a criação de bibliotecas digitais, mas nenhuma delas com soluções para escalabilidade, mas em contrapartida foram encontrados trabalhos com aprofundamento em escalabilidade para sistemas distribuídos. Vale constatar que o número de propostas brasileiras é muito baixo, e não forneceram materiais suficientes para uma análise.

Talvez pelo fato de que a maioria das arquiteturas de bibliotecas digitais estudadas, não sejam utilizadas em redes de alta velocidade, a preocupação com as mídias em tempo-real não teve destaque.

A arquitetura proposta, traz mecanismos simples, porem eficazes, para serem utilizados em bibliotecas digitais escaláveis. Conceitualmente é a utilização de um balanceador de carga para gerenciar o balanceamento de carga na rede de servidores, mantendo o acesso a rede de servidores de forma homogênea e eficaz. O GBDMm recebe as solicitações dos clientes, ele interage com o ICAMD e o balanceador de carga para buscar e atualizar no repositório de metadados as informações de controle e acesso de servidores. Além disso, o balanceador de carga, com base nas informações de controle, direcionará o tráfego para o servidor adequado para atender o pedido.

Não havendo balanceamento de carga entre servidores que possuem a mesma capacidade de resposta a um cliente , começamos a ter problemas. Por isso devemos colocar um elemento que fará o balanceamento entre os servidores e os usuários e configurá-lo para isso, entretanto poderemos colocar múltiplos servidores, que para os clientes parecerão ser somente um endereço. Este elemento deverá ser o balanceador de carga, que fará todo o gerenciamento.

É ressaltado que uma implementação em um ambiente com balanceamento de carga nos servidores para que tenha sucesso, o balanceador de carga nos servidores deverá levar em consideração que, quando um cliente fizer uma requisição, todo processo de escolha do servidor e resposta do servidor deve ocorrer de modo transparente e imperceptível para o usuário como se não existisse o balanceamento.

O estudo da tecnologia de escalabilidade em biblioteca digital, não deve ficar restrito a área de sistemas distribuídos, outros pesquisadores deverão participar, principalmente os da área de Inteligência Artificial, que iriam contribuir muito no processo de busca em contexto dos objetos digitais.

**ANEXO 1**  
**Apresentação das ferramentas Apache, MySQL e PHP**

## ☞ **Servidor Web (Apache)**

O Projeto Apache (APACHE, 1999) foi criado a partir dos esforços de um grupo de desenvolvedores voluntários denominado de Grupo Apache. Hoje pertencem ao grupo de voluntários do mundo inteiro, utilizando como tecnologia de comunicação a Internet, colaboram com código, manuais, idéias, documentação do projeto, etc. O servidor Apache, carro chefe deste projeto, tem por objetivo ser um servidor HTTP um servidor *Web* livre, de código aberto, robusto, e com qualidade comercial.

Usando o NCSA httpd 1.3 como base para o desenvolvimento, foram adicionadas alterações feitas pelos *webmasters* consideradas importantes para o sistema, e depois de vários testes, em abril de 1995, o grupo divulgou sua primeira versão do seu próprio servidor, o Apache 0.6.2. Hoje ele é o servidor *Web* mais utilizado na Internet, e encontra-se na versão 1.3.15.

O Apache com versões para diversos sistemas operacionais, dentre eles o Unix, Linux, FreeBSD, Windows, além de servir HTTP, possui várias outras funções, que ao longo dos tempos foram acrescentadas a ele. Ele trabalha com serviço de segurança, provendo mecanismo de criptografia, provê o acesso a BD como MySQL, Postgres, Sybase, mSQL, Informix, dBase, Interbase, uns utilizando módulos e outros utilizando sua CGI, que fornece também a possibilidades de desenvolver programas em diversas linguagens de programação, C, Perl, “shell”, que utilizam a CGI do Apache para interagem com as máquinas clientes.

Na utilização do PHP como linguagem de geração de páginas dinamicamente é preciso acrescentar ao apache o módulo PHP, que compilado junto ao apache faz a interpretação dos códigos escritos em PHP. Este módulo já está sendo distribuído pelo Grupo Apache, com o seu servidor.

## **MySQL**

MySQL é um servidor de BD multi-usuário e multi-thread que utiliza a SQL, ele é bastante elogiado pela sua rapidez e flexibilidade (MYSQL, 1999). O MySQL foi um aperfeiçoamento do servidor mSQL da empresa australiana Hughes Technologies. Os

desenvolvedores do MySQL tinham desenvolvido rotinas de baixo nível para serem utilizadas com o mSQL, mas depois de testes realizados, notaram que o mSQL não era suficientemente flexível para as suas necessidades. Daí veio a idéia de se criar um novo servidor de BD o MySQL.

O MySQL é um dos sistemas de domínio público mais utilizados, relatos mostram que ele fornece um suporte eficaz a sistemas que contêm 40 Bases de Dados com mais de 10.000 tabelas e que mais de 500 tabelas possuem 7.000.000 de registros, isto é aproximadamente 100 gigabytes de dados.

O MySQL ainda oferece interface de acesso para varias linguagens de programação tais como: C, C++, Eiffel, Java, Perl, PHP, Python e TCL APIs. Ele oferece também um mecanismo de controle de acesso, favorecendo a sistemas que necessitam deste serviço, como é o caso das Bibliotecas Digitais. O MySQL trabalha em várias plataformas, possui interface para acesso via ODBC.

### **PHP (Pré-Hypertext Processor)**

O PHP é uma linguagem de programação que ainda está se firmando no meio dos desenvolvedores, mas com a facilidade que a linguagem oferece na hora de se desenvolver aplicações que utilizam BD via rede.

A facilidade na geração de páginas HTML e o acesso a SGBD fez com que PHP versão 3 fosse escolhido para este protótipo.

O PHP foi anteriormente chamado de *Personal Home Page Tools*, que era o nome dado pelo seu criador Rasmus Lerdorf a sua biblioteca de funções criadas utilizando a linguagem de programação C. Essas funções utilizavam o CGI, para gerar dinamicamente as páginas de hipertextos de Rasmus Lerdorf, dessas funções derivou-se uma linguagem de programação. Depois de algum tempo, já na versão 3.0 e com muitos usuários, houve uma votação quando ao nome da linguagem, o nome escolhido foi *Pré-Hypertext Processor* e agora é mais conhecida por apenas PHP.

Hoje o PHP tem módulos para o acesso a diversos Bancos de Dados, tais como: MySQL, Postgres, Oracle, Sybase, mSQL, Solid, ODBC, Informix, dBase, Interbase, entre outros.

Sua rapidez em relação as linguagens que utilizam o CGI para criação de página *Web* vem do fato de que o PHP é compilado junto com o servidor *Web*, tornando mais rápida a geração das páginas HTML, além disso o código PHP é inserido dentro do próprio HTML, evitando novas chamadas desnecessárias de arquivos pelo servidor *Web*.

O PHP é uma linguagem de domínio público com código aberto, qualquer usuário pode propor novas alterações e conjunto de funções, ela está seguindo o caminho de outros grandes softwares ditos como livres, como por exemplo o linux, alias o PHP está quase na totalidade das distribuições deste sistema operacional.

**ANEXO 2**  
**Descrição da Base de Dados criada para a BDMm com Escalabilidade**



Tab. 1 Esquema utilizado no Repositório de Metadados.

Nome	Esquema
texto	titulo varchar(80) NOT NULL, descr varchar(250), objm varchar(10) NOT NULL, autor varchar(60), tipo char(2), tamanho varchar(7), servidor char(3), datac date NOT NULL, datag date, palavrac varchar(80), instituicao char(3), responsavel varchar(4) NOT NULL, email varchar(32), url varchar(40), idioma char(1), servidor2 char(3), UNIQUE objm (objm)
imagem	titulo varchar(80) NOT NULL, descr varchar(250), objm varchar(10) NOT NULL, autor varchar(40), tipo char(2), tamanho varchar(7), resolucao varchar(9), servidor char(3), datac date NOT NULL, datag date, palavrac varchar(80), instituicao char(3), responsavel varchar(4) NOT NULL, email varchar(32), url varchar(40), UNIQUE objm (objm)
audio	Titulo varchar(80) NOT NULL, Descr varchar(250), Objm varchar(10) NOT NULL, Autor varchar(40), Tipo char(2), Tamanho varchar(7), Duracao varchar(6), <b>Taxa de bits da mídia varchar(10),</b> <b>Servidor com replicação da mídia</b> <b>varchar(40) com 100 ocorrências,</b> <b>Acessos concorrentes na mídia varchar(3)</b> <b>com 100 ocorrências,</b> Qualidade varchar(6), Servidor char(3), datac date NOT NULL,

	<p>datag date,  palavrac varchar(80),  instituicao char(3),  responsavel varchar(4) NOT NULL,  email varchar(32),  url varchar(40),  idioma char(1),  servidor2 char(3),  UNIQUE objm (objm)</p>
video	<p>titulo varchar(80) NOT NULL,  descr varchar(250),  objm varchar(10) NOT NULL,  autor varchar(40),  tipo char(2) ,  tamanho varchar(7),  duracao varchar(6),  <b>Taxa de bits da mídia varchar(10),</b>  <b>Servidor com replicação da mídia</b>  <b>varchar(40) com 100 ocorrências,</b>  <b>Acessos concorrentes na mídia varchar(3)</b>  <b>com 100 ocorrências,</b>  qualidade varchar(10) NOT NULL,  resolucao varchar(9) NOT NULL,  servidor char(3),  datac date NOT NULL,  datag date,  palavrac varchar(80),  instituicao char(3),  responsavel varchar(4) NOT NULL,  email varchar(32),  url varchar(40),  idioma char(1),  servidor2 char(3),  UNIQUE objm (objm)</p>
animacao	<p>titulo varchar(80) NOT NULL,  descr varchar(250),  objm varchar(10) NOT NULL,  autor varchar(40),  tipo char(2) ,  tamanho varchar(7),  duracao varchar(6),  <b>Taxa de bits da mídia varchar(10),</b>  <b>Servidor com replicação da mídia</b>  <b>varchar(40) com 100 ocorrências,</b>  <b>Acessos concorrentes na mídia varchar(3)</b>  <b>com 100 ocorrências,</b>  qualidade varchar(10) NOT NULL,  resolucao varchar(9) NOT NULL,  servidor char(3),  datac da te NOT NULL,  datag date,  palavrac varchar(80),</p>

	instituicao char(3), responsavel varchar(4) NOT NULL, email varchar(32), url varchar(40), idioma char(1), servidor2 char(3), UNIQUE objm (objm)
idioma	codigo char(1) NOT NULL, descr varchar(10) NOT NULL, UNIQUE codigo (codigo)
tipo	extensao varchar(4) NOT NULL, descr varchar(20), codigo char(2) NOT NULL, tipomidia char(2) NOT NULL, UNIQUE codigo (codigo)
tipomidia	codigo char(2) NOT NULL, nome varchar(16) NOT NULL, UNIQUE codigo (codigo)
instituicao	codigo char(3) NOT NULL, sigla varchar(15), descr varchar(60), UNIQUE codigo (codigo)
responsavel	codigo varchar(4) NOT NULL, nome varchar(40) NOT NULL, email varchar(32), url varchar(40), senha varchar(8), login varchar(10) NOT NULL, UNIQUE codigo (codigo)
tiposervidor	codigo char(2) NOT NULL, tipo varchar(22) NOT NULL, UNIQUE codigo (codigo)
servidor	codigo char(3) NOT NULL, host varchar(40) NOT NULL, port varchar(4) NOT NULL, protocolo varchar(5) NOT NULL, descr varchar(25) NOT NULL, caminho varchar(40) NOT NULL, tipomidia char(2) NOT NULL, path varchar(40) NOT NULL, tiposervidor char(2) NOT NULL, <b>Largura de banda total varchar(10),</b> <b>Largura de banda máxima suportada</b> <b>varchar(10),</b> UNIQUE codigo (codigo)
bdmm	codigo varchar(6) NOT NULL, nome varchar(80) NOT NULL, sigla varchar(6), URL varchar(40) NOT NULL, UNIQUE codigo (codigo)

## BIBLIOGRAFIA

- [Ebergart,1990] Ebergart, R.; Simpsom, P. K.; Dobbins, R. Computational intelligence PC tools. Reading: Academic Press Professional, 1990.
- [Ruggiero, 2000] Wilson Ruggiero, Clesio Tozzi, Álvaro Garcia Neto, Fernando Reinach, Vanderlei Perez Canhos, Estudo de tecnologias de rede Internet para o desenvolvimento de aplicativos avançados e suas relações – Projeto Advanced ANSP – Agosto/2000. [on-line] Disponível na internet na URL [www.ansp.br/versao\\_15\\_projeto.htm](http://www.ansp.br/versao_15_projeto.htm).
- [Alessandra, 2001] Alessandra de Souza Oliveira, Antonio Jaci Montanher, Leonardo Moraes Serviuc, Renata Cristina Deizepe, Therezinha Eliane Rodrigues Silveira, Inteligência Artificial [on-line] Disponível na internet na URL [http://unifio.br/revista/rev2000/trabalhos/trab\\_inteligencia.htm](http://unifio.br/revista/rev2000/trabalhos/trab_inteligencia.htm). Arquivo capturado em 2001.
- [Projsub, 2001] [www.pgcc.uff.br/ADDLabs/projsub.htm](http://www.pgcc.uff.br/ADDLabs/projsub.htm)  
Arquivo capturado em 2001.
- [Hamilton, 2001] Hamilton Chaiben. Inteligência Artificial na educação. [on-line] Disponível na internet na URL [www.cce.ufpr.br/~hamilton/iaed/iaed.htm](http://www.cce.ufpr.br/~hamilton/iaed/iaed.htm). Arquivo capturado em 2001.
- [Peper, 1991] Peper, G., “Hypertext: Its Relationship to, and Potencial Impact on, Knowledge Based Systems”, 1991.
- [Buchanan, 1989] Buchanan, B.G., Smith, R.G., ‘Fundamentals of Expert Systems’ em Barr, A., Cohen, P.R., Feigenbaum, E.A., “The Handbook of

- Artificial Intelligence Vol. IV” Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989.
- [Minsky, 1968] Minsky, M. (editor), “Semantic Information Processing”, The MIT Press, Cambridge, 1968.
- [Barreto, 1999] Barreto, Jorge Muniz. Inteligência Artificial. No Limiar do Século XXI. 2<sup>a</sup>.ed. Florianópolis. 1999.
- [Levacov, 2001] Levacov, Marília. AS BIBLIOTECAS DIGITAIS: PROBLEMAS, PARADOXOS, CONTROVÉRSIAS. [On-line] Disponível na internet na URL <http://www.ilea.ufrgs.br/~mlevacov/virtuallib.html>. Arquivo capturado em 2001.
- [Levacov, 2001] Levacov, Marília. Bibliotecas virtuais: (r)evolução? [on-line] Disponível na internet na URL <http://www.ilea.ufrgs.br/~mlevacov/virtuallib.html>. Arquivo capturado em 2001.
- [Karen, 2001] Karen, M. Drabenstott e Burman, Celeste M. Revisão analítica da biblioteca do futuro – Artigo. 2001.
- [Marchiori, 2001] Marchiori, Patricia Zeni. “Ciberteca” ou biblioteca virtual: uma perspectiva de gerenciamento de recursos de informação - Artigo. 2001.
- [Bauens, 1993] Bauens, M. The cybrarians Manifesto: Towards a New Organization Model for Corporate Libraries. [on-line] Disponível na Internet na URL <http://worf.ubalt.edu/~jwalz/cybrarian.html>. 1993.

- [Browning, 1993] Browning, J. Libraries Without Walls for books Without Pages. WIRED, San Francisco, v. 1, n. 1, 1993. P.62-65.
- [Pistori, 2000] Pistori, Jeferson. ARQUITETURA DE IMPLEMENTAÇÃO DE UMA BIBLIOTECA DIGITAL MULTIMÍDIA DISTRIBUÍDA – Dissertação de Mestrado.UFSC. Florianópolis, 2000.
- [Willrich, 1999] Willrich, Roberto. Apostila de Multimídia Distribuída. Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação – UFSC. Florianópolis, 1999.
- [Raj, 1999] Raj Reddy, Tryg Ager, Rama Chellappa, W. Bruce Croft, Beth Davis-Brown, Jerry M. Mendel, Michael Ian Shamos. WTEC Panel Report on DIGITAL INFORMATION ORGANIZATION IN JAPAN – February 1999.
- [Ozsu, 1999] Ozsu, M. Tamer & Valduriez, Patrick. Principles of distributed database systems – 2<sup>nd</sup> ed. – 1999.
- [Bernhardt, 1995] C. Bernhardt and E. Biersack, “A Scalable Video Server: Architecture, Design, and Implementation, “In Realtime Systems Conference, Paris, January 1995:63-72.
- [Gumbrich, 1997] S. Gumbrich, H. Emgrunt, and T. Brawn, “Dynamic Bandwidth Allocation for Stored VBR Video in ATM End Systems”, presented 6<sup>th</sup> International IFIP Conference on High-Performance Networking, White Plains, USA, April 1997.
- [Leite, 2001] Luiz Eduardo de Cunha Leite, Guido Lemos de S Filho, Thais Vasconcelos Batista, “Utilizando Replicação Móvel para Ajustar a Configuração de um Serviço de Distribuição de Vídeo”. VII

Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Hipermídia,  
Florianópolis, Outubro 2001.

- [Xanadu, 2001] Projeto Xanadu [on-line] Disponível na internet na URL:  
<http://xanadu.net/the.project> . 2001
- [Lancaster, 1994] Lancaster, F. Ameaça ou Oportunidade?: o Futuro dos serviços de Biblioteca à Luz das Inovações Tecnológicas. Revista da Escola de Biblioteconomia UFMG, Belo Horizonte, V. 23, n. 1, jan/junho, 1994. p.7
- [Pullian, 1996] Pullian D., Allen J., Clagett J., *Digital Libraries: A Technology Assessment by Benjamin Franklin Scholars*. For Benjamin Franklin Capstone Course (E 467S). North Carolina State University. URL:  
<http://www4.ncsu.edu/unity/users/j/jherkert/dlta.html>. 1996.
- [Sunsite, 1995] Association of Reserach Libraries at SunSITE. *Definition and Purpose of a Digital Libraries*. URL:  
<http://sinsite.berkeley.edu/ARL/definition.html>. 1995.
- [Lu, 1996] Lu G., *Communication and Computing for Distributed Multimedia Systems*. Artech House Inc., 1996.
- [RMAV-FLN, 2000] Rede Metropolitana de Alta Velocidade de Florianópolis. URL:  
<http://www.rmav-fln.ufsc.br>.
- [Arms, 1997] Arms W.Y., Blanchi C., Overly E.A., *An Architecture for Information in Digital Libraries*. *D-Lib Magazine*, URL:  
<http://www.dlib/february97/cnri/02arms1.html>. February, 1997.

- [Chang, 1997] Chang S.F. et alli., *Finding Images/Video in Large Archives*. D-Lib Magazine, <http://www.dlib.org/dlib/february97/columbia/02chang.html>. February, 1997.
- [Simon, 1996] Simon Errol, *Distributed Information Systems: From client/server to distributed multimedia*. McGraw-Hill, 1996.
- [Coulouris, 1996] Coulouris George, Dollimore Jean and Kindberg Tim, *Distributed Systems*. Addison-Wesley, 1996.