

B*

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO E AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

CATEGORIZAÇÃO DE
MODELOS DE DADOS PARA HIPERMÍDIA
ATRAVÉS DE UMA VISÃO MULTI-DIMENSIONAL

Autor: Carlos Miguel Tobar Toledo

autor

Orientador: Prof. Ivan Luiz Marques Ricarte

Tese submetida à Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas, para preenchimento dos pré-requisitos parciais para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Elétrica.

D

79 03752

Este exemplar corresponde a redação final da tese defendida por Carlos Miguel Tobar Toledo e aprovada pela Comissão julgada em 11 / 1 / 98 / 1998
Ivan Luiz Marques Ricarte
Orientador

Agosto de 1998

anexo

UNIDADE	BAE/EEEC
N.º CHAMADA	1/UNICAMP
	T.5516
V.	Et.
TEMPOR	09.36456
PROJ	229/99
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	03/02/99
N.º OPD	00000000000000000000

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

T5516

Tobar Toledo, Carlos Miguel

Categorização de modelos de dados para hipermídia através de uma visão multi-dimensional. / Carlos Miguel Tobar Toledo. -- Campinas, SP: [s.n.], 1998.

Orientador: Ivan Luiz Marques Ricarte.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

1. Sistemas de hipermídia. 2. Banco de dados. I. Ricarte, Ivan Luiz Marques. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. III. Título.

RESUMO

Modelos de Dados têm sido usados como ferramentas para o projeto e implementação de bases de dados, na especificação e geração da descrição estrutural e de acesso aos dados armazenados. Objetivando estabelecer um suporte adequado para o projeto de dados hipermídia, são explorados e equacionados os conceitos relacionados às características de dados na presença de hipermídia. Como resultado, é definida a *Visão-T*, uma visão de um espaço tetra-dimensional de especificação que estende os modelos de dados conhecidos, constituindo um arcabouço para a criação, adaptação ou análise de modelos de dados em altos níveis de abstração. Também é proposto o *Mapa de Categorização Abstrata*, através do qual é possível realizar comparações dos mecanismos de especificação existentes em modelos de dados para hipermídia. O mapa é um recurso para avaliação da abrangência e da sofisticação de mecanismos de especificação, considerando o nível de abstração da especificação, as diferentes tarefas que o usuário pode realizar sobre os dados e a *Visão-T*.

ABSTRACT

Data models have been used as tools for data base design and implementation in order to allow the specification and construction of structural and access descriptions for stored data. Aiming the establishment of an adequate support for the design of hypermedia data, concepts related to the characteristics of data in the presence of hypermedia are explored and relationships are set between them. As a result of these relationships the *T-Vision* is defined as a vision for a four-dimension specification space that extends known data models and constitutes a framework for the creation, adaptation and analysis of data models with high levels of abstractions. The *Abstract Categorization Map* is also proposed, which enables to compare specification mechanisms that exist in hypermedia data models. This map is a resource for the assessment of specification mechanisms regarding broadness and sophistication levels and taking into account the abstraction level of the specifications, the different tasks that are performed by the user on data, and the *T-Vision*.

DEDICAÇÃO E AGRADECIMENTOS

Enfim mais uma semente minha, tão gratificante e difícil quanto as outras diferentes sementes que plantei e ainda cultivo. Sinto preocupação em dedicá-la, pois receio que não esteja no nível daqueles a quem desejo homenagear, não que tenha valor reduzido, mas porque essas pessoas merecem muito mais do que eu jamais conseguirei produzir.

Pelos princípios de integridade e dedicação que tão laboriosamente passaram para seus filhos, recebam meu pai e minha mãe esta humilde dedicação.

Agradecimentos são muitos os que devo:

- Primeiro e mais merecidamente, à minha família, pela compreensão e ajuda nas minhas constantes ausências. Principalmente à minha cara metade, que cresceu e tornou-se muito mais que metade, todo o meu amor.*
- Ao meu orientador, pela ajuda, amizade e paciência que demonstrou durante esta nossa convivência. Devo-lhe a oportunidade de reflexões valiosas durante meses de difícil realidade.*
- À Banca Julgadora, pela preciosa avaliação realizada.*
- À Direção do Instituto de Informática da PUC-Campinas, por todo o seu apoio.*

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS	1
2. A EVOLUÇÃO DA MODELAGEM DE DADOS	7
2.1. O Foco da Modelagem de Dados	8
2.2. A Linha de Evolução	11
2.2.1. Modelos de dados baseados em registros	12
2.2.2. Modelos de dados semânticos	14
2.2.3. Modelos de dados comportamentais	16
2.2.4. O próximo estágio de evolução	18
2.3. Requisitos da Hipermídia	21
2.4. Suporte Existente a Hipermídia	24
2.5. A Necessidade de Modelos de Dados Abstratos	26
2.6. Resumo e Constatações	27
3. A VISÃO MULTI-DIMENSIONAL PARA MODELOS DE DADOS INFOLÓGICOS	31
3.1. Um Espaço Tridimensional de Especificação	32
3.2. Incorporação de Significado ao Espaço Tridimensional de Especificação	36
3.3. A Dimensão de Conteúdo	38
3.4. Incorporação de Mecanismos para Suportar Características de Hipermídia	41
3.5. Resumo e Constatações	44
4. CATEGORIZAÇÃO DE MODELOS DE DADOS PARA HIPERMÍDIA	47
4.1. Motivação para o Mapa de Categorização Abstrata	48
4.2. O Mapa de Categorização Abstrata	52
4.2.1. O Nível Externo	53
4.2.2. O Nível Físico	55
4.2.3. O Nível Intermediário	65
4.2.4. A Visão Completa do Mapa de Categorização Abstrata	69
4.3. Resumo e Constatações	70

5. O USO DO MAPA DE CATEGORIZAÇÃO ABSTRATA	75
5.1. Notação Gráfica para uma Categorização	76
5.2. Orientações e Critérios para uma Categorização	77
5.3. Perfil do Usuário do Mapa de Categorização Abstrata	79
5.4. Exemplos de Categorização	80
5.4.1. Object-Oriented Hypermedia Design Methodology	80
5.4.2. Relationship Management Methodology (RMM)	87
5.5. Resumo e Constatações	93
6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	95
6.1. Contribuições	95
6.2. Sugestões para Futuros Trabalhos	97
APÊNDICES	
A. Revisão de Modelos de Dados para Hipermídia	A-1
B. Categorização de Modelos Disponíveis	A-29
C. Glossário	A-69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	R-1

FIGURAS E TABELAS

Fig. 3.1. Visão tridimensional para aspectos de especificação de um modelo de dados	33
Fig. 3.2. Visão tridimensional do modelo relacional	35
Fig. 3.3. Consideração de significado (interpretação) além de descrição	37
Fig. 3.4. Mecanismos na dimensão do conteúdo	40
Fig. 3.5. Visão convencional de ligações associativas, a partir de âncoras no conteúdo	42
Fig. 3.6. A incorporação da especificação de delimitadores para percepção no espaço tetra-dimensional, ao lado de descrição e significado	43
Fig. 4.1. Arquitetura ANSI/SPARC, modelo R/Trellis e modelo Premo	48
Fig. 4.2. Arquitetura de documentos SGML/ODA/HMEG	49
Fig. 4.3. Nível externo do Mapa de Categorização Abstrata	53
Fig. 4.4. Nível físico do Mapa de Categorização Abstrata	56
Tab. 4.1. Correspondência de serviços do nível físico	56
Fig. 4.5. Nível intermediário do Mapa de Categorização Abstrata	67
Fig. 4.6. O Mapa de Categorização Abstrata	68
Fig. 4.7. Interface do Mapa de Categorização Abstrata	70
Fig. 5.1. Áreas de ocupação no Mapa de Categorização Abstrata	75
Fig. 5.2. Indicação do poder de sofisticação de mecanismos	76
Fig. 5.3. Categorização da metodologia OOHDM	81
Fig. 5.4. Categorização da metodologia RMM	88
Fig. A.1. Interseção entre PREMO e MHEG & HyTime	A-23
Fig. B.1. Modelo de Referência Dexter	A-30
Fig. B.2. Modelo de Referência Dexter na visão da arquitetura ANSI/SPARC	A-31
Fig. B.3. Categorização do Modelo de Referência Dexter	A-35
Fig. B.4. Esquema de apresentação para o HyTime	A-36
Fig. B.5. Categorização do Modelo HyTime	A-41

Fig. B.6. Categorização do Modelo MCA	A-47
Fig. B.7. Categorização do Modelo Tower	A-52
Fig. B.8. Esquema de apresentação para o HTML	A-53
Fig. B.9. Categorização do Modelo HTML	A-57
Fig. B.10. Esquema de transmissão no MHEG	A-58
Fig. B.11. Categorização do Modelo MHEG	A-63
Fig. B.12. Categorização do Modelo HMBS	A-67

DEFINIÇÕES

Definição 1. Modelo de dados	1
Definição 2. Modelagem	2
Definição 3. Modelos de dados infológicos	3
Definição 4. Modelos de dados datalógicos	3
Definição 5. Semântica de navegação	3
Definição 6. Facilitador de mapeamento	5
Definição 7. Domínio de interesse	8
Definição 8. Registro	9
Definição 9. Informação	10
Definição 10. Dado	10
Definição 11. Conteúdo	10
Definição 12. Significado	10
Definição 13. Ligação	19
Definição 14. Nó	19
Definição 15. Âncora	22
Definição 16. Estrutura	36
Definição 17. Comportamento	36
Definição 18. Restrição	37
Definição 19. Descrição	37
Definição 20. Componente de informação	39
Definição 21. Componente multimídia	39
Definição 22. Delimitador para percepção	42
Definição 23. Elemento de descrição	42
Definição 24. Abrangência dimensional	66

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

Hipertexto é um termo creditado a Ted Nelson [nelson67:gett], que em 1965 o definiu como "escrita não seqüencial". A inspiração para as idéias de Nelson é originária de trabalhos como dos pioneiros Vannevar Bush [bush45:aswe] e Douglas Engelbart [engelbart63:acon].

Estendendo as características do hipertexto pela introdução da multimídia, o conceito de hipermídia é muito mais do que aquilo pretendido originalmente e constitui uma área interdisciplinar de pesquisa e desenvolvimento abrangendo teoria, tecnologia e ferramentas provenientes da ciência da computação, engenharia de computação, engenharia eletroeletrônica, educação, artes, psicologia, biblioteconomia, negócios e literatura. Considerando apenas as áreas relativas à computação, existem assuntos relacionados com banco de dados, recuperação de dados, sistemas de comunicação, redes, sistemas abertos, sistemas distribuídos, sistemas operacionais, linguagens de programação, arquitetura de computadores, computação gráfica, inteligência artificial e realidade virtual. Entre as áreas interdisciplinares destacam-se aquelas que permitem o registro e a reprodução de percepções sensoriais, a psicologia cognitiva, editoração eletrônica, aprendizado baseado em computador, interação usuário-computador, comunicação, "marketing" e organização da informação.

Multimídia provê a riqueza das diferentes mídias, ou seja, formas para registros codificados ou representações de informação que facilitam e flexibilizam a intenção de armazenar informação, enquanto hipertexto provê recursos de acesso e controle que suportam uma forma elegante de navegação através dos dados [hardman94:cacm].

Falar em hipermídia é falar na necessidade de ferramentas para gerência de relacionamentos, os quais requerem criação, armazenamento, manutenção, recuperação, filtragem, adaptação, apresentação, comentários e navegação [bieber97:ieeec]. Além disso, técnicas para aumento de flexibilidade ou de eficiência são necessárias, tais como referência cruzada e a indexação associativa [hall94:iast]. Como conseqüência, as técnicas de representação usadas nos *modelos de dados* (Definição 1) convencionais não conseguem representar as especificidades de projeto que surgem, técnicas tais como diagramas de fluxo de dados, diagramas entidade relacionamento e hierarquias orientadas a objetos.

Definição 1 Um *modelo de dados* estabelece um conjunto de regras que permite a especificação da descrição e da interpretação de dados.

Definição 2 *Modelagem* é o resultado obtido pela utilização de um modelo de dados em um processo de autoria.

O termo modelo de dados também é entendido como o resultado que pode ser obtido pelo uso do conjunto de regras que estabelece a Definição 1. Para este segundo contexto está sendo utilizado o termo *modelagem*.

Um modelo de dados é uma ferramenta que pode permitir uma interpretação e uma visão suficientemente poderosas para algum entendimento sobre como os dados podem ser ou estão organizados, considerando o significado daquilo que representam. Dados devem ser organizados para serem úteis. Modelos de dados permitem entender e perceber como essa organização pode ser especificada e quais as dimensões que devem ser consideradas para isso. Uma grande variedade de modelos de dados tem sido proposta e usada na prática para o projeto de dados. Desde os primeiros modelos, percebe-se uma evolução para atendimento das necessidades que novas aplicações têm exigido, decorrência do aparecimento de inovações tecnológicas.

Quase todo modelo de dados provê algum nível de independência de dados, ou seja, provê ao projetista dos dados um isolamento em relação a detalhes de representação e implementação dos dados, através de mecanismos de abstração como a hierarquia de classes, o acesso através de símbolos ou relacionamentos, perspectivas de visão, etc. A sua principal finalidade é a de fornecer um meio formal de representar informação e de manipular tal representação, especificando de forma abstrata os objetos, operadores e restrições que devem ter alguma contrapartida em uma implementação concreta do resultado obtido com a utilização do modelo de dados [date83:idbs].

Projetos de hipermídia diferem de projetos tradicionais de desenvolvimento de software em diversos assuntos críticos, envolvendo a organização estrutural de um domínio complexo, sua captura, seu acesso e sua utilização [garzotto93:tois]. Em particular, a navegação requer modelos de dados diferentes dos modelos de dados para bases de dados [isakowitz95:cacm].

Os atuais sistemas hipermídia apresentam uso simplista de tipos de dados multimídia, devido à limitada semântica dos modelos de dados em uso e devido à falta de um sistema de apoio para suporte à manipulação de informação hipermídia [rutledge96:eval]. Além disso, a estrutura final dos dados hipermídia pode apresentar problemas sérios para ser navegada, deixando o usuário sem noção de como voltar para dados já navegados e de onde se encontra [bra94:form], considerando os caminhos que podem ser navegados. Há, portanto, a necessidade de um formalismo para descrição da estrutura dos dados e das potenciais maneiras de como esta será usada e acessada.

As abordagens disponíveis para o tratamento dos requisitos impostos pela multimídia e pelo hipertexto requerem a implementação de um *modelo de dados infológico* (Definição 3) com alto nível de abstração, que permita ao projetista, bem como ao usuário final, a incorporação de semântica aos dados, como ocorre em um esquema de bases de dados [chorafas94:immd]. Além disso, deve ser considerada a percepção dos dados pelo usuário, ao invés de apenas a sua representação interna no computador [schnase93:tois]. Assim, decorre a necessidade de modelos de dados mais ricos e mais expressivos do que os atualmente em uso, que se concentram em aspectos estruturais e enfocam de forma tímida o aspecto comportamento.

Definição 3 *Modelos de dados infológicos* são modelos de dados orientados aos usuários, cuja ênfase é a descrição e registro dos elementos de informação do domínio de interesse.

Definição 4 *Modelos de dados datalógicos* são modelo de dados orientados à representação de elementos computacionais na forma como estes são ou podem ser diretamente implementados em computador.

Segundo Leggett [leggett94:cacm] existem três categorias de modelos para hipermídia: os modelos de dados essencialmente preocupados com estrutura de dados; modelos de processos preocupados com as interações que ocorrem entre um usuário e um sistema hipermídia, ou seja, a *semântica de navegação* (Definição 5); e os modelos combinados que endereçam vários aspectos de estrutura e interação. Como é mostrado no decorrer deste trabalho no Capítulo 4, existem muito mais do que três tipos de modelos de dados, usando o próprio ponto de vista de Leggett que se baseia no tipo de atividade que o usuário desenvolve sobre o dado.

Definição 5 *Semântica de navegação* ou semântica de “browsing” tem o propósito de especificar como as estruturas de informação são visualizadas e como pode-se navegar através delas.

A terminologia e conceitos constituintes do modelo de referência Dexter [halasz94:cacm] são aqui utilizadas ao máximo, porém sem a intenção de estabelecer nenhum grau de conformidade, mas sim por tratar-se de um modelo de referência muito citado nos trabalhos sobre modelos de dados para hipermídia.

Modelos de Dados têm sido usados tradicionalmente como ferramentas para o projeto e implementação de bases de dados, na especificação e geração da descrição estrutural e de

acesso aos dados armazenados. Objetivando apresentar um leque mais abrangente de situações nas quais se pode utilizar modelos de dados e tomando como base a evolução dos requisitos de usuários e aplicações, em relação ao armazenamento e recuperação de dados, inicialmente no Capítulo 2 são abordados: o foco da modelagem de dados e definições para modelos de dados sob diferentes abordagens, formando uma linha evolutiva dos modelos de dados. Para isso, considera-se uma definição para dados, além de aspectos e assuntos relevantes para o projeto de uma modelagem. A apresentação estabelece uma seqüência de modelos de dados à qual paulatinamente vão sendo agregados aspectos e assuntos, em relação aos modelos previamente considerados, ao contrário de Navathe [navathe92:cacm] que tenta realizar o mesmo, mas não consegue estabelecer uma verdadeira linha evolutiva.

A abrangência de *modelos de dados infológicos* é explorada no Capítulo 3, sob a visão de um espaço tetra-dimensional de especificação que é definido sob a denominação de *Visão-T*. Esta visão estende as dimensões cobertas pelos modelos de dados conhecidos, em termos do que necessita ser especificado para a adequada caracterização de dados. A visão proposta constitui um arcabouço adequado para criação, adaptação ou análise do poder de expressão de modelos de dados que, isoladamente ou em conjunto, procurem cobrir os aspectos necessários para a especificação de dados em altos níveis de abstração para aplicações convencionais e não convencionais.

A Visão-T é o resultado da procura em se estabelecer algum tipo de equacionamento entre os conceitos de *conteúdo*, *estrutura*, *comportamento* e *restrições*, juntamente com os conceitos de *significado* e *registro*^{1.1}. Tal equacionamento permitiu a definição do arcabouço ao qual foi possível incorporar conceitos relacionados às especificidades da hipermídia, enquanto extensão de hipertexto e multimídia.

No Capítulo 4 é proposto o Mapa de Categorização Abstrata, através do qual é possível realizar comparações dos mecanismos de especificação existentes em modelos de dados para hipermídia. O mapa é um recurso para avaliação da abrangência e a sofisticação de mecanismos de especificação, considerando o nível de abstração da especificação, as diferentes tarefas que o usuário pode realizar sobre os dados e a Visão-T.

Através do Mapa de Categorização Abstrata explora-se a idéia dos *facilitadores de mapeamento* (Definição 6). Em particular, a partir da Visão-T, explora-se um facilitador para permitir a implementação de elementos associados com a navegação através de dados e com a sua percepção.

^{1.1} Neste caso, o termo *registro* é usado no sentido do resultado do ato de registrar e não deve ser confundido com o conceito de estrutura de dados, originário do primeiro.

Definição 6 *Facilitador de mapeamento* é o elemento abstrato estabelecido a partir de um mecanismo de um modelo de dados, que é utilizado como base para a especificação de mais detalhes para um dos aspectos do dado, utilizando um outro modelo de dados com menor nível de abstração.

No Capítulo 5 é apresentada a categorização de diferentes modelos de dados existentes em duas metodologias de autoria. A categorização realizada é um exemplo dos possíveis usos do Mapa de Categorização Abstrata e está acompanhada das orientações e critérios usados para orientá-la. Também é apresentado o perfil do usuário alvo do mapa.

Finalmente, no Capítulo 6 são realçadas as contribuições deste trabalho, são tecidas conclusões e propostas sugestões para futuros trabalhos.

Ao final dos capítulos de 2 a 5 encontra-se um resumo do que foi abordado no respectivo capítulo, além de uma série de constatações que permitem estabelecer uma passagem entre o capítulo em questão e o capítulo seguinte.

Encontram-se anexos três apêndices através dos quais procura-se complementar a informação e idéias propostas. O primeiro apêndice constitui uma revisão bibliográfica sobre modelos de dados orientados a hipermídia que serviu como fonte de idéias para a proposta da linha evolutiva de modelos e da Visão-T, cobertas respectivamente nos Capítulos 2 e 3. O segundo apêndice apresenta outra categorização incluindo sete modelos de dados que constituem padrões para estruturação de documentos, modelos de referência e modelos interessantes. O terceiro apêndice constitui um glossário com os principais conceitos apresentados como definições no trabalho e destina-se a auxiliar o leitor a contextualizar as passagens posteriores às definições.

2. A EVOLUÇÃO DA MODELAGEM DE DADOS

Neste capítulo são apresentados inicialmente conceitos e definições para modelos de dados, procurando estabelecer uma linha evolutiva entre diversas abordagens existentes na literatura. Na seqüência, explora-se qual deve ser o próximo estágio dessa evolução, baseando-se para isso nos requisitos para a modelagem de dados hipermídia e na necessidade de modelos de dados com níveis de abstração que enfoquem a modelagem do domínio das aplicações.

Tal qual uma boa estória, um bom *modelo* é uma descrição de um mundo ou ao menos de uma porção selecionada e isolada deste mundo, que pode ser o real ou algum outro imaginário. É uma maquete, uma representação codificada de objetos, processos e seus inter-relacionamentos.

Modelos permitem a representação de processos, entidades ou eventos de forma abstrata, possibilitando o estudo e análise de partes de um problema ou situação, escondendo detalhes que podem não ser importantes para a maioria dos interessados. Modelos são usados em todas as áreas de conhecimento, principalmente naquelas preocupadas com a produção de bens, com o entendimento de fenômenos e com a previsão de tendências.

O real poder dos modelos reside na habilidade que seus usuários ganham para especular sobre as conseqüências de mudanças nas características dos elementos enfocados e modelados, tratando-os em conjunto como um sistema, com parâmetros de entrada e resultados.

Modelos de dados constituem o foco principal deste trabalho e seu conceito é tão genérico quanto qualquer conceito formal que apresente os valores que objetos de dados podem assumir e as operações realizáveis sobre os mesmos [aho92:foun]. A descrição da estrutura dos dados é denominada parte estática da modelagem, enquanto a descrição das operações é denominada parte dinâmica. Em particular, o interesse do trabalho recai em prescrições, não necessariamente formais, que são usadas no desenvolvimento de sistemas de informação para a integração de dados e respectiva informação. Tradicionalmente, modelos de dados foram usados para o desenvolvimento de aplicações que utilizavam bases de dados. Mais recentemente, modelos de dados passaram a ser usados para aplicações desenvolvidas a partir de uma abordagem orientada a objetos [coleman94:oodo].

Devido à forte interdependência histórica entre modelos de dados e a arquitetura e estruturação de bases de dados, algumas vezes a palavra modelo é usada para significar descrição esquemática ou física de uma base de dados. Essa mesma interdependência ocasiona uma dificuldade de se descrever, entender e utilizar modelos de dados sem necessariamente existir uma base de dados envolvida. Aqui, tanto quanto possível, tenta-se desvincular modelos de dados de bases de dados, considerando que um modelo de dados corresponde a uma técnica que permite especificar descrição e, em alguns casos, a interpretação de dados. Adota-se, então, o termo *modelagem* para o resultado obtido na utilização de tal mecanismo, seja este resultado incorporado ou não ao projeto de uma base de dados.

2.1. O Foco da Modelagem de Dados

Em um mundo real ou imaginário existem objetos, processos e eventos sobre os quais deseja-se obter informação ou sobre os quais deseja-se passar informação, seja para uma ou várias pessoas, seja num determinado instante, seja repetidamente, em instantes imprevisíveis. Os objetos de interesse são entidades ou fenômenos aos quais podem estar associados fatos. Eventos envolvem fatos, objetos e processos.

O desejo de propiciar conhecimento ocasiona a intenção de armazenar informação. Considera-se a intenção de seu armazenamento pois não se consegue propriamente armazenar informação em meios sintéticos, conforme é visto em seguida nesta seção.

Pessoas armazenam informação em suas memórias e quando as recuperam o fazem através de associações. A sua apresentação ou reprodução pode ser realizada através da utilização de linguagem natural, em termos de objetos, propriedades de objetos, relacionamentos, comportamento, restrições e instante de ocorrência. No lugar da linguagem natural pode ser considerado um outro sistema de símbolos, utilizado para a troca simbólica de informação, tal como a escrita, a pintura ou o desenho.

Historicamente quando há intenção de se armazenar informação em meios sintéticos, a título de reprodução posterior, necessita-se perceber, capturar e registrar aspectos da parte de um mundo que interessa, denominado *domínio de interesse* (Definição 7). Em geral, a captura se realiza através da representação das percepções, utilizando-se de um sistema de símbolos que também é usado posteriormente na reprodução.

Definição 7 *Domínio de interesse* é a parte de um mundo real ou imaginário, foco de percepção para a geração de informação.

Por sua vez, as representações de percepções podem estar acompanhadas de especificação semântica associada ao mundo focado. No entanto, as representações não costumam incluir todo o significado daquilo que representam. Significado este que facilita e às vezes permite o entendimento. Isso ocorre por causa de dois motivos. Primeiro, porque o processo de percepção é complexo, devido à quantidade de detalhes, perspectivas e contextos possíveis de existir a cada instante e, portanto, necessita ocorrer através da realização de uma síntese do que realmente pode ser e é percebido. Segundo, porque o tipo de meio, ou mídia^{II.1}, que se usa para se registrar os elementos de informação de interesse, pode não ser o mais adequado e, ainda, porque pode oferecer pouca ou nenhuma possibilidade de se incorporar significado aos dados na mesma mídia.

Atualmente é possível a captura, o armazenamento de registros e a reprodução de imagens estáticas ou temporalmente contínuas, sons e até outras percepções sensoriais, utilizando meios sintéticos. Durante a captura pode não haver interferência de pessoas, pois não há representação de objetos de interesse. Isto significa ser possível a manipulação de cópia quase fiel dos elementos de interesse. Quase fiel porque vários aspectos do domínio de interesse não são capturados, podendo haver a necessidade de se estabelecer o contexto do que foi capturado e, assim, recai-se na situação anterior da falta de significado em representações.

Mesmo assim, apesar da falta de fidelidade, os elementos de interesse capturados podem ser reproduzidos e percebidos repetidamente por diferentes pessoas, gerando informação sem intermediação e com distorções minimizadas. Distorções são naturalmente produzidas pelas intenções e diferenças entre os agentes responsáveis pela percepção e representação. De agora em diante, o resultado do processo de registrar compreende tanto a representação quanto a cópia "quase fiel" de elementos do domínio de interesse.

Definição 8 *Registro* é considerado o resultado do ato de registrar abrangendo tanto a representação de elementos de interesse como a sua captura em mídia digital ou analógica. O termo é usado para indicar o quê foi armazenado sobre um domínio de interesse.

Ao processo de registrar informação podem ser somadas dificuldades. Uma primeira dificuldade se refere à necessidade de um mesmo elemento de informação ser descrito a

^{II.1} O termo mídia está sendo usado para referir-se aos diferentes meios em que se pode registrar elementos de informação, tais como fotografia, filme e texto, pois também é utilizado para referir-se a meios para armazenamento de dados como um CD-ROM, Compact Disk-Read Only Memory, ou um DVD, Digital Video Disk.

partir de diferentes pontos de vista ou mesmo ser capturado de diferentes maneiras, que necessitam permanecer consistentes. Além disso, pode ser necessária a descrição de elementos que evoluem no tempo, com a consistência entre as versões de sua descrição necessitando também ser mantida.

Definição 9 *Informação* é o incremento de conhecimento que pode ser inferido a partir da percepção de elementos de um mundo.

Definição 10 *Dado* é o resultado de um processo de registrar elementos de informação em meio sintético, a título de posterior recuperação e percepção de informação

Embora dado seja usado como sinônimo de informação, existem dois conceitos distintos relacionados a conhecimento que são: o ato ou efeito de ganhar conhecimento, que se prefere denominar informação, e o registro de elementos de informação que se destina a permitir o ganho de conhecimento, que se denomina dado. O dado é passivo, no sentido dele não ser informação até o momento que seja entendido por ser de interesse de alguém.

Eventualmente, projetistas distintos representam elementos de informação de forma singular e, talvez, simplificada nos dados, devido à maneira como os elementos são percebidos e devido à abstração usada na sua representação.

Definição 11 *Conteúdo* é aquilo que se registra ou representa o elemento de informação descrevendo-o, total ou parcialmente. Constitui o que se costuma denominar *predicado*.

Definição 12 *Significado* do predicado, também denominado *asserção*, ajuda na interpretação do conteúdo.

Sem perda de generalidade, a partir deste ponto em diante são considerados apenas computadores e seus periféricos como os mecanismos para a captura de elementos de informação, bem como para descrição, registro, armazenamento e reprodução de dados.

Convencionalmente, o que existe com relação à interpretação para dados reside nos programas que os manipulam em um computador. Este fato pode ocasionar diferentes interpretações, problemas de consistência e redundância quando os dados são compartilhados por vários programas. Assim, é interessante que as asserções, tanto quanto possível, sejam armazenadas junto aos predicados e, desta maneira, o dado passa a apresentar duas componentes complementares e a modelagem de dados deve passar a abranger tanto predicados como asserções.

Dados necessitam ser organizados para serem armazenados e manipulados, ou seja, necessitam ser agrupados em estruturas. Em princípio, essa estruturação está diretamente ligada a detalhes de funcionamento de computadores, hardware e software. Conteúdos diretamente capturados no domínio de interesse são registrados em estruturas providas automaticamente pelas ferramentas de captura, enquanto conteúdos fruto de representação são registrados em estruturas providas por ferramentas de edição ou autoria.

Dado, enquanto conceito, passa a abranger uma organização estrutural, o conteúdo ou valor contido nessa estruturação e indicações implícitas ou explícitas para o software controlador sobre essa organização, de modo a permitir localização, acesso e modificação. Dados podem apresentar um tipo, cuja semântica estabelece regras de manipulação para as operações e restrições aplicáveis, além de estabelecer o significado do estado pré e pós solicitação das operações. O significado que se encontra junto aos dados via de regra não se relaciona a domínios de interesse, sendo genérico e computacionalmente orientado.

2.2. A Linha de Evolução

A seguir são apresentados modelos de dados cujos componentes enfocam o aspecto estrutural dos dados. Através da incorporação gradativa de assuntos e aspectos, estabelece-se uma linha evolutiva que abrange o que podem ser consideradas gerações de modelos de dados. Essa linha de evolução indica uma tendência para o surgimento de novos modelos de dados que podem vir a suportar a modelagem dos aspectos intrínsecos de hipertexto e multimídia.

Os mecanismos usados para modelar estruturalmente os objetos do domínio de interesse são usualmente denominados entidades. Entidades podem se relacionar através de *categorias* ou *classes*, se apresentam similaridades, que por sua vez são descritas como *propriedades* ou *atributos*. Os fatos que associam uma categoria de objetos a outras são modelados através de mecanismos denominados *relacionamentos*.

Por sua vez, propriedades e relacionamentos de uma categoria podem ser classificados em estáticos e dinâmicos. Os estáticos correspondem às propriedades e relacionamentos que são relativamente invariantes no tempo, enquanto os dinâmicos correspondem à natureza evolutiva do domínio de interesse.

Domínios de interesse não são estáticos. Assim, a sua modelagem necessita considerar como e em quais condições ocorre a evolução das propriedades e relacionamentos dinâmicos. Este "*como condicional*" pode ser representado através de operações que agem sobre propriedades e relacionamentos e que podem ser desde

operações básicas atômicas até transações complexas. Domínios de interesse estáticos são exceção [peckham88:acmcs].

A existência de categorias e a necessidade da incorporação de operações ocasionam a necessidade da especificação de regras de integridade ou *restrições* para a representação mais completa do domínio de interesse, garantindo que:

- haja controle na evolução dos elementos dos objetos de acordo com as categorias^{II.2} a que pertençam,
- os elementos dinâmicos saiam de um estado válido para um outro estado válido, uma vez que evoluam, ou seja, sofram mudança ocasionada por uma ou mais operações, ou
- operações não ocasionem mudanças não previstas nos elementos dinâmicos ou estáticos.

A própria noção de transação é necessária porque, implicitamente, representa uma restrição em relação à execução "atômica" de todas as operações que a compõem e, talvez, porque na mudança de um elemento dinâmico não seja possível ir de um estado válido para outro, sem passar por um estado não válido [date83:idbs].

2.2.1. Modelos de dados baseados em registros

Modelos de dados pioneiros representam informação em estruturas de dados denominadas *registros*, pois estas construções são mais amenas à manipulação e ao consumo de recursos computacionais, além de serem a base comum para se registrar dados nas aplicações então existentes. Em decorrência, estabeleceu-se a crença de que é suficiente a representação de elementos de informação atômicos existentes para a representação de percepções [tsichritzis82:data]. No entanto, não existe mecanismo de representação conhecido que facilite a interpretação de elementos complexos a partir de elementos atômicos.

Outro problema, o descarte do estado passado dos elementos de informação passou a ser comum quando da evolução do domínio representado, mantendo-se armazenado apenas o último estado válido, resultante da ação das últimas operações executadas. Isto ocasiona a

^{II.2} Em alguns modelos de dados é possível que um determinado objeto pertença a mais de uma categoria, seja porque existe uma hierarquia de categorias, caracterizando o relacionamento "é-um", seja porque existe hereditariedade múltipla, em que as propriedades e relacionamentos do objeto são descritos a partir de mais de uma categoria.

perda da história evolutiva dos dados e, em algumas situações, a incompatibilidade entre a representação e o representado.

Neste contexto, em termos computacionais, um modelo de dados define as regras gerais de acordo com as quais os dados podem ser organizados, permitindo a descrição da sua estrutura. Alguns modelos de dados também suportam a descrição de operações e restrições de integridade, que se aplicam aos dados. Quando as descrições estão completas, diz-se que se estabeleceu a *intenção* do domínio de interesse representado. Os valores, que sofrem essas operações e obedecem a essas restrições e que eventualmente venham a ser armazenados nessas estruturas, constituem sua *extensão* [tsichritzis82:data].

O impacto da cultura do registro fez surgir o que se denomina *modelos de dados baseados em registros*, porque utilizam a estrutura de registros como unidade básica para o registro de elementos de informação, dos quais são salientados três enfoques básicos e diferentes:

- em rede [taylor76:acmcs] [codasy178:ddl] - um modelo de dados em rede representa os elementos do domínio de interesse como registros de agregados com seus relacionamentos "um-para-vários" através de um diagrama;
- o hierárquico [tsichritzis76:acmcs] - um modelo de dados hierárquico permite a estruturação do domínio de interesse como uma árvore, cujos nós são tipos de registros e as ligações são relacionamentos "pai-filho" entre os tipos; e
- o relacional [codd70:cacm] - um modelo de dados relacional também é considerado orientado a conjuntos, isto porque utiliza as abstrações da relação e do relacionamento; uma relação representa uma categoria de entidades na qual cada tupla (registro) contém os dados de uma entidade específica; em conjunto as entidades podem ser representadas como uma tabela; matematicamente uma relação é um conjunto.

Uma primeira definição para modelo de dados com a ênfase na descrição de aspectos de elementos de informação, em detrimento do significado, constitui a visão de Date [date83:idbs]. A ênfase descritiva se deve à (ainda atual) dificuldade dos computadores manipularem linguagem natural ou outra forma para codificar significado de descrições, além do (não tão atual) alto custo do armazenamento não volátil. Então, em um primeiro momento um modelo de dados compreende os seguintes componentes:

- coleção de tipos de estruturas de dados, ou seja, regras segundo as quais os dados estão estruturados; convencionalmente em tabelas ou grafos, via de regra para a representação das categorias de entidades no domínio de interesse;
- coleção de operadores ou regras de inferência que pode ser aplicada às descrições e registros de entidades, de acordo com os tipos de estruturas de dados;
- coleção de regras de integridade genéricas que, implícita ou explicitamente, definem um conjunto de estados ou mudanças de estado consistentes e íntegros para o conteúdo e sua estrutura.

2.2.2. Modelos de dados semânticos

A separação entre descrição e significado causa dificuldades no uso dos dados e ocorre nos modelos de dados mais difundidos. Como decorrência, surge a necessidade e a preocupação com a produção de asserções, na tentativa de também capturar e codificar parte do significado intrínseco e orientado ao domínio de interesse e à aplicação, se for o caso. O significado deve afetar a ordem e o contexto da apresentação do conteúdo ao usuário quando do processamento do dado [rutledge96:eval].

Considerando que a estrutura dos dados esteja baseada em registros, tentativas de prover maior significado, além daquele inerente à representação do tripé de aspectos estrutura, operação e restrição, são descritas como a incorporação de semântica às representações ou mesmo aos elementos de informação capturados. Na realidade, incorporação de um maior poder de expressão que facilite a interpretação dos dados.

O enfoque inicial da captura adicional de semântica ficou centrado nas dependências inter-relacionais tanto de entidades como de categorias, principalmente com a preocupação de distinguir várias formas de relacionamentos e, em decorrência, com a criação de padrões de significado para cada tipo de dependência e correspondentes operações e regras de integridade aplicáveis.

Enquanto os modelos baseados em registros provêm uma maneira de se representar elementos de informação em um único nível estrutural, os *modelos de dados semânticos*, através de abstrações, permitem a modelagem e a visão estrutural dos elementos de informação em vários níveis.

Apesar de não se encontrar uma definição que seja amplamente aceita para modelos de dados que incorporem semântica para o aspecto estrutural, diferentemente do que ocorre

com a definição para os modelos de dados baseados em registros, consideram-se como fundamentais as seguintes características [peckham88:acmcs]:

- representação de objetos atômicos que são os tipos primitivos,
- representação de relacionamentos, seja através de atributos, entidades, mecanismos independentes, seja através de operações,
- suporte a abstrações padrão tais como generalização, agregação, classificação e associação,
- redes ou hierarquias de relacionamentos,
- derivação ou hereditariedade para manipulação de dados redundantes,
- restrições de inserção, remoção e modificação para manutenção da integridade,
- grau de expressão da semântica de relacionamentos tais como cardinalidade, valores nulos, relacionamentos inversos, derivações ou valores "default".

Note-se nesta definição que não são enfatizadas as componentes relativas a restrições de consistência genéricas e, principalmente, a operações, embora possa-se argumentar que elas estão implícitas nas demais componentes. Note-se também que a quantidade de significado incorporada à modelagem é muito reduzida, considerando o domínio de interesse.

Um modelo semântico, evolução do modelo baseado em registros, é composto também pelo tripé de aspectos estrutura, operação e restrição. A diferença entre modelos semânticos e baseados em registros se deve à componente organizacional dos dados, aos relacionamentos e a algumas restrições de integridade e operações básicas para estabelecer o estado resultante do dinamismo do domínio de interesse. Um relacionamento é modelado de acordo com seu significado semântico, seja ele funcional ou relacional.

A nova geração de modelos de dados semânticos surge para que se permita a captura e codificação de significado no projeto, tanto de aplicações convencionais como de outras novas aplicações. As novas aplicações são aplicações não convencionais para as quais as estruturas de dados apresentam tamanhos grandes e organizações complexas, refletindo hierarquias ou outras organizações mais genéricas, e, portanto, deficientemente suportadas pelos modelos de dados com tendências computacionais.

Alguns exemplos de modelos de dados semânticos interessantes são o Modelo Entidade-Relacionamento [chen76:ermo], conhecido por MER; o modelo suportado pela linguagem TAXIS [borgida84:gene]; o Modelo de Dados Semântico [hammer81:tods], SDM; o

modelo RM/T [codd79:tods], extensão do modelo de dados relacional criada pelo próprio mentor do modelo relacional; e o Modelo de Eventos [king84:unif].

2.2.3. Modelos de dados comportamentais

A descrição de operações e transações é denominada *modelagem dinâmica* e é o contraponto da *modelagem estática*. Esta última abrange basicamente a descrição de propriedades de categorias e relacionamentos e é enfatizada nos modelos de dados baseados em registros e nos modelos de dados semânticos.

Da mesma maneira que o significado dos dados residia nos programas que os manipulavam, a modelagem dinâmica era considerada e tratada como um ponto de vista à parte da modelagem de dados. Porém, por motivos de redundância e diferenças de interpretação, a partir do instante em que se considera interessante que registros de elementos de informação residam juntamente com seus significados, passa-se também a considerar interessante agregar a descrição comportamental. Assim, os dados passam a apresentar dois aspectos de especificação: o estrutural estático e o comportamental ou dinâmico, os quais devem permitir a geração de descrições, juntamente com significados semânticos incorporados.

A abordagem dos tipos abstratos de dados para implementação de programas, oriunda de linguagens de programação, permite que aspectos comportamentais, tanto dinâmicos como de integridade, sejam especificados de maneira integrada aos aspectos estruturais, através do encapsulamento^{II.3}. O encapsulamento compreende as operações e restrições, denominadas métodos, bem como a estrutura e conteúdo das partes dos dados que necessitam permanecer íntegras e são modificadas pelos métodos. Além disso, essa abordagem permite que alguns aspectos semânticos sejam descritos. Assim, nada mais normal do que passar a considerá-la como base de *modelos de dados comportamentais*.

Os modelos de dados comportamentais são considerados uma evolução sobre os modelos de dados semânticos, pois permitem a consideração do aspecto comportamental [bertino94:oodb]. Apesar disso, em termos de poder de expressão, costumam ser menos poderosos que os modelos semânticos para abstração estrutural. Existem ainda pesquisadores, como por exemplo Peckham [peckham88:acmcs], que consideram que os modelos de dados semânticos compreendem os ditos comportamentais, devido à existência de alguns modelos de dados híbridos.

^{II.3} O encapsulamento de conteúdo, estrutura e operações provê as seguintes vantagens, segundo [brown89:iast]: a oclusão da estrutura dos dados e da implementação das operações, a conseqüente independência de dados e a modularidade.

A distinção entre modelos de dados semânticos e comportamentais não está bem definida, pois existe uma sinergia entre eles. Apesar disso, a não existência ou a pouca ênfase encontrada em vários modelos de dados semânticos, em relação a aspectos comportamentais, permite o estabelecimento de uma terceira geração de modelos de dados. Essa nova geração resulta da preocupação em estender os modelos de dados semânticos pela incorporação do aspecto comportamental ou funcional ao aspecto estrutural, agregando operações às categorias.

O paradigma da orientação a objetos, oriundo das áreas da Inteligência Artificial e Linguagens de Programação, foi descoberto e incorporado por pesquisadores atuantes nas áreas de Banco de Dados [kim90:oodb] [huges91:oodb] [cattell94:odmg] e Engenharia de Software [jacobson92:oose] [coleman94:ode], criando uma espécie de congruência entre a modelagem de dados com ênfase estrutural, desenvolvida pelo primeiros, e a modelagem de processos com ênfase funcional, desenvolvida pelos últimos. É esse paradigma a base para os modelos de dados comportamentais.

Um exemplo de modelo de dados comportamental encontra-se definido no padrão ODMG-93¹⁴ [cattell94:odmg], que resumidamente é constituído por:

- uma primitiva básica para modelagem, que é o *objeto*;
- categorização dos objetos em tipos; objetos com mesmo tipo exibem comportamento e domínio de estado comuns;
- comportamento dos objetos, que é definido por um conjunto de operações que podem ser executadas sobre uma categoria de objetos;
- estado dos objetos, que é definido pelos valores de um conjunto de propriedades, ou seja, atributos ou relacionamentos com outros objetos.

Os três primeiros aspectos constituem a base mínima de um modelo de dados com orientação a objetos [rishe92:dbdes].

Os dois primeiros aspectos apresentam correspondentes nos modelos semânticos e de forma genérica, orientam a modelagem estrutural para os elementos de informação no domínio de interesse. Ambos os aspectos sugerem que um modelo comportamental suporta primitivas para abstração semântica explícita, para representação direta de elementos, sua

¹⁴ ODMG-93 é o resultado da definição de um padrão para sistemas para gerência de bases de dados orientadas a objetos, patrocinado e com contribuições de diversas companhias de software, incluindo tanto padronização para o modelo de dados quanto para linguagens de manipulação, definição e consulta.

categorização e restrições de integridade, entre outras. As primitivas mais comuns, com equivalentes semânticas, são a classificação ou categorização e a herança.

Então, modelos de dados comportamentais podem ser definidos, segundo Kim [kim90:oodb], como constituídos por:

- um núcleo do modelo, que corresponde à definição de modelo comportamental, vista anteriormente, mais
- restrições semânticas e de integridade, além de
- um número de relacionamentos semânticos.

Note-se que esta definição, apesar de ser uma evolução em relação aos modelos de dados baseados em registro e semânticos, continua essencialmente com a preocupação descritiva, sendo que a reduzida incorporação de significado é menor ou igual àquela obtida através de modelos de dados semânticos. Note-se também que, obrigatoriamente, a modelagem de elementos de interesse passa pela categorização, cuja descrição compreende tanto aspectos estruturais como comportamentais.

Segundo Elmasri [elmasri89:fdbs], é uma desvantagem do modelo de dados comportamental a ausência de associações, ditas relacionamentos no modelo Entidade Relacionamento Estendido [codd79:tods], que podem ser representadas pelas referências entre objetos. Outras desvantagens são: a rigidez de se exigir a especificação comportamental completa e a falta de linguagens de consulta.

O suporte de mecanismos para a definição de novos tipos estruturais e comportamentais tem sido utilizado como justificativa para a utilização de modelos de dados comportamentais para atender as necessidades impostas por aplicações nas áreas de CAD, CAM, CASE, OAS, multimídia e hipermídia, entre outras. Porém, tem sido notada a ausência de suporte direto a novas abstrações e à existência de diferentes visões do mesmo dado necessárias a essas e outras aplicações. Esta falha de suporte parece indicar a possibilidade de surgimento de uma nova geração de modelos de dados.

2.2.4. O próximo estágio de evolução

Os modelos de dados vistos até aqui, os baseados em registros, os semânticos e os comportamentais, têm sua definição dominada pela descrição da perspectiva estrutural e, assim, oferecem regras para estruturação do conteúdo dos dados. Essas regras se baseiam no processo de desenvolvimento da escrita principalmente da cultura ocidental.

Neste contexto, o conceito de hipertexto introduz uma nova forma organizacional para dados a ser considerada em modelagens de dados. O hipertexto permite a personalização da organização do acesso ao conteúdo dos dados, através da criação de conexões arbitrárias, as *ligações* (Definição 13) que ligam conteúdos de dados, os *nós* (Definição 14).

Definição 13 *Ligação* é um mecanismo que permite acesso à parte de uma descrição de um elemento de informação constituinte de um dado.

Definição 14 *Nó* funciona como um repositório estruturado de descrição de elementos de informação constituintes de dados, destinado a ser percebido e manipulado interativamente.

As ligações em conjunto podem ser vistas como uma estrutura ligada, que tenta copiar a habilidade do cérebro de acessar informação rápida e intuitivamente, de forma associativa. Esta estrutura associativa não é a única forma organizacional em um hiperdocumento, continua havendo ainda a necessidade da organização estrutural tradicional, de maneira a permitir a manipulação computacional do dado.

A estrutura associativa é tão diferente de qualquer outra forma organizacional conhecida que chega a ser difícil de descrevê-la como uma verdadeira estrutura. Ela não necessita ser linear, pode ser explicitamente não seqüencial, não hierárquica e nem constituir uma rede. Portanto, pode parecer caótica. Além disso, por sua própria natureza, o hipertexto está diretamente relacionado à interação, ou seja, a hiperestrutura existe para permitir a um usuário percorrer interativamente as ligações, o que se denomina *navegação*, e acessar o conteúdo dos dados, teoricamente, sem ordem preestabelecida.

As peculiaridades do hipertexto acarretam a necessidade do desenvolvimento de um novo tipo de modelo de dados específico [garzotto93:tois] e, em particular, que contemple o aspecto da navegação [isakowitz95:cacm]. Sem um modelo para hipertexto, o desenvolvimento de sistemas torna-se impossível de gerir conforme o número de nós e ligações cresce de maneira desestruturada [parsaye89:idb].

Um *objeto multimídia*, resultado de processos de captura e registro na presença de multimídia, pode ser um agregado altamente estruturado de componentes mais simples como ocorre em um vídeo. Componentes estes que também podem ser considerados como objetos multimídia. Cada objeto multimídia simples pode ser visto como uma estrutura com conteúdo relacionada a qualquer um dentre os diferentes tipos de mídia, tais como áudio e vídeo. Em

particular, a possibilidade de integrar áudio e vídeo requer formas para a especificação de sincronização temporal entre conteúdos de dados, para a sua exibição apropriada.

Componentes multimídia baseados em tempo ainda podem conter pedaços de conteúdo derivados, que são definidos em função de outros conteúdos, e gerados somente quando necessário. A derivação provê um certo tipo de independência física de dados e necessita ser descrita [gibbs94:data].

Os componentes digitais ou não^{II.5} de um objeto multimídia podem se relacionar de diversas maneiras, sendo que alguns desses relacionamentos, além de envolverem componentes do próprio objeto multimídia, podem envolver componentes de outros objetos multimídia^{II.6}.

É possível que um determinado objeto multimídia dê origem a diferentes *objetos de exibição* que correspondem rudemente ao que é exibido ao usuário, ocorrendo a preservação de parte do conteúdo dos dados registrados. Além disso, durante a autoria de um objeto multimídia é permitida a criação de diversas visões do mesmo^{II.7} cada uma das quais responsável pela origem de um objeto de exibição. Objetos de exibição podem necessitar sofrer adaptações provenientes do comportamento dinâmico do ambiente de transmissão e exibição, devido a fatores como: segurança, perfil e preferência do usuário, e recursos disponíveis, entre outros.

Cada visão deve permitir a identificação dos componentes que realmente serão ou poderão ser exibidos e seus relacionamentos, juntamente com a informação computacional sobre formato de codificação, duração e localização. Sua estrutura é potencialmente distinta daquela do respectivo objeto multimídia.

Do ponto de vista de sua manipulação, um objeto de exibição é um todo. Deve ser lido, ouvido, visto, sentido e consumido, para isso podendo ocorrer a interação do usuário com o veículo exibidor. Esta interação ocasiona início de atividade computacional, que pode resultar em: mudança no objeto em exibição, da parte sendo exibida, da forma, velocidade ou qualidade de exibição; mudança do contexto em exibição para um novo objeto ou para outro nível de representação; ou atualização de dados - modificação, inserção ou remoção.

^{II.5} Pode-se manipular a partir do computador conteúdos de dados registrados em forma analógica e armazenados externamente, havendo necessidade de algum tipo de integração entre o mecanismo externo e o computador para localização e disponibilização do conteúdo.

^{II.6} Alguns autores consideram que as ligações de hipertexto compõem um tipo de relacionamento multimídia.

^{II.7} Uma visão é denominada *perspectiva* por Garzotto [garzotto93:tois] para definir mapeamentos entre componentes de esquema e suas diferentes apresentações, como ocorre com uma classe de documentos e de aplicações.

Modelos de dados tradicionais não são adequados à modelagem de aspectos intrínsecos de aplicações com multimídia ou hipertexto e isso ocorre porque não há suporte para:

- a especificação de como deve se realizar a exibição ou o consumo dos dados;
- a sincronização de diferentes componentes ou conteúdos de dados;
- a realização da separação dos dados em nós e a sua interconexão com ligações;
ou
- a navegação através dos dados.

Ser comportamental não é suficiente para um modelo de dados ser orientado à hipermídia, são necessários modelos formais que permitam a captura e especificação de semântica para dados multimídia e que sejam ricos em capacidades para abstração de informação, além de providenciar uma forma canônica para a representação de imagens, cenas e eventos complexos, em termos de objetos e de seu comportamento espacial e temporal [ghafoor95:mmdbs].

2.3. Requisitos da Hipermídia

A hipermídia chega a ser considerada a ciência do relacionamento [bieber95:cacm] e, com esse ponto de vista, refere-se à estruturação, apresentação e possibilidade de acesso direto ao conteúdo e a interconexões, dentro de um domínio de interesse, através de associações conceituais entre dados.

Halasz, em seu discurso de encerramento da conferência Hypertext'91 [halasz91:seven], revê sua prévia análise sobre o futuro de sistemas hipermídia^{11,8} [halasz88:cacm] enfocando a definição daquilo que se entendia por hipertexto e hipermídia antes e depois dessa conferência.

Halasz previamente considerava que hipermídia consistia de um estilo de construir sistemas para gerência e representação de informação baseado em uma rede de nós multimídia conectados por ligações tipadas. O ponto principal nesta consideração é o uso dos conceitos de nó e de ligação.

Posteriormente, Halasz propõe diferentes pontos de vista para entender a hipermídia considerando as seguintes quatro dimensões: navegadores contra arquitetos; literalistas

^{11,8} Sistemas hipermídia são ambientes computacionais baseados em modelos de dados em que é possível projetar e desenvolver aplicações hipermídia.

contra virtualistas; aqueles que preferem aplicações baseadas em cartões^{II.9} contra aqueles que preferem aplicações baseadas em textos que necessitam "scroll"^{II.10}; e literatos contra engenheiros.

A definição para hipertexto e hipermídia é expandida quando Halasz considera que "ligações não são realmente necessárias para hipertexto", isto porque outras maneiras devem ser consideradas para se obter navegação, tal como ocorre no paradigma navegação por consulta, e assim "acaba-se com a tirania da ligação". Ao mesmo tempo, Halasz permite que consultas sejam consideradas ligações dinâmicas.

Ao invés de se acabar com o conceito de ligação, propõe-se o estabelecimento de níveis de abstração para a sua consideração, ou seja, não há necessidade de se considerar se a navegação é obtida através de computação ou através de referências estáticas. A navegação estabelece uma associação entre uma âncora (Definição 15) origem e âncoras destino.

Definição 15 *Âncora* é um mecanismo de endereçamento de localizações dentro de uma descrição de elementos de informação, constituintes de dados. Convencionalmente, através das âncoras, ligações e nós se associam. Pela seleção de uma âncora origem, é possível navegar para âncoras destino.

A hipermídia é uma extensão de hipertexto com multimídia, combinando suas características para permitir que o conteúdo dos dados em uma estrutura associativa possa ser registrado em diferentes tipos de mídia. Porém, também introduz requisitos e problemas bastante específicos, entre os quais salienta-se:

- a ligação de um ponto em um conteúdo temporalmente contínuo a algum outro conteúdo apresenta problemas, tais como indicar a existência desse ponto ao usuário ou como permitir que o usuário consiga acessar o outro conteúdo;
- o equivalente ao objeto de exibição necessita ser gerado não somente com sua estrutura organizacional e seu conteúdo, mas também com a estrutura e a semântica da navegação e da exibição;
- a necessidade de análise da consequência de se realizar transferência de todo um objeto hipermídia ou de se adotar uma estratégia de "read-ahead" para seu

II.9 "Card Sharks".

II.10 "Holy Scrollers".

conteúdo, pois estas podem ser ineficazes devido às escolhas que o usuário pode realizar.

Estruturalmente, uma aplicação com hipermídia é equivalente a uma rede semântica, no qual nós podem ser expandidos em uma variedade de formas visuais, auditivas e, porque não, sensoriais. Semântica no sentido das ligações entre nós representarem relacionamentos entre os elementos de informação registrados nos conteúdos. Mais do que uma rede de nós e ligações, é um objeto estruturado com comportamento e restrições, além, é claro, de significado.

Modelos de dados tradicionais não provêm recursos para o suporte do processo de captura e registro de elementos de informação, considerando: os requisitos de agregação de interpretação ao conteúdo; a existência de várias mídias; e a possibilidade de acesso não seqüencial. Um tipo diferente de modelo de dados deve permitir a obtenção de modelagens de dados em níveis de abstração mais altos que devem considerar vários fatores impactantes no resultado ou no processo de realização da modelagem, apesar de poderem sofrer influência do computador. Segundo Ginige [ginige95:ieeemm], os fatores impactantes são:

- formas de acesso aos conteúdos de dados,
- relacionamentos entre diferentes conteúdos de dados,
- disponibilização de diferentes perspectivas de visualização de dados,
- segurança de acesso aos dados,
- recuperação a partir do armazenamento e recursos suportados para acesso aos dados,
- reuso e recursos para manutenção dos dados.

Os quatro primeiros fatores estão diretamente relacionados ao domínio de interesse e os dois últimos são fatores de interferência no posterior processo de desenvolvimento de programas ou bases de dados.

Um modelo de dados para hipermídia requer, além dos mecanismos para as especificações estrutural-semântica tradicional, comportamental e de integridade, mais mecanismos para modelar aspectos:

- de percepção relativos à parte multimídia, que englobam modelagem de distribuição espacial, temporal, seletividade e exibição;
- hiperestruturais ou de navegação relativos à parte associativa;

- comportamentais e de integridade da interação usuário-computador.

Distribuição espacial refere-se a como os componentes ocupam o espaço de exibição. Distribuição temporal refere-se a como dois ou mais componentes necessitam ser exibidos como um todo ou dependem um do outro em relação ao tempo de exibição. Seletividade refere-se a qual de dois ou mais componentes deve ser considerado para exibição. Exibição compreende aspectos diretamente vinculados à apresentação de conteúdo, tal como tamanho de símbolos, cor, contraste, tamanho de janela, etc.

Mais do que apenas a especificação de uma rede de nós e ligações, também é necessário especificar como os dados são acessados e navegados, isto porque podem existir tipos específicos de ligações que implicam em comportamento específico, interno ou externo ao contexto em que o usuário se encontra no instante da navegação.

Além destes mecanismos, é necessário também a incorporação de significado a todos os objetos resultantes das diversas modelagens, permitindo a agregação de asserções não relacionadas e não cobertas pelos mecanismos que descrevem estrutura, comportamento, percepção, interação ou navegação, provendo auxílio para a interpretação dos dados, caso esta seja necessária.

Dois outros conceitos relacionados a tempo podem ainda necessitar ser especificados e modelados: o primeiro relativo à evolução, ou seja, o estabelecimento da seqüência em que os dados sofrem mudanças ou são criados ou removidos; o segundo relativo à validade, que engloba o momento em que ocorreu a evolução e o limite de validade ou duração da utilidade dos dados.

Uma proposta de abordagem para a próxima geração de modelos de dados apresenta uma combinação de modelagem comportamental com modelagem estrutural. O termo "hipermodelagem orientada a objetos" (object-oriented hypermodeling) é utilizado por Kuijpers [kuijpers96:oodbhm] para designar o novo tipo de modelo de dados necessário para suportar aspectos de hipermídia em sistemas de informação.

2.4. Suporte Existente a Hipermídia

Especificidades de aplicações com hipermídia, tais como as citadas na seção anterior, já recebem suporte de modelos de dados, alguns deles considerados modelos de referência formais por Schnase [schnase93:tois]. Exemplos interessantes desses modelos são:

- modelo Dexter [halasz94:cacm], utilizado primariamente para comparação e avaliação de ferramentas para construção de sistemas hipermídia;

- o modelo de Lange [lange90:form], que procura explorar diversas abstrações relacionadas com a navegação de hiperdocumentos;
- o modelo Amsterdam [hardman94:cacm], preocupado em combinar o modelo Dexter com a modelagem de aspectos temporalmente contínuos;
- o modelo Tower [bra92:exte], que considera como níveis de descrição vários dos assuntos existentes na hipermídia como estrutura, navegação, etc.;
- o modelo MCA [soares95:nested], que além de permitir a composição aninhada de nós e ligações, estabelece um arcabouço para o desenvolvimento de aplicações hipermídia, suportando separação de assuntos, controle de versões, histórico e trabalho cooperativo; e
- o modelo HMBS [turine98:hmbs], que estabelece prescrições precisas e semanticamente rigorosas para a especificação estrutural e comportamental de hiperdocumentos grandes e complexos.

Várias outras propostas de modelos de dados para hipermídia apareceram no decorrer do tempo e podem ser separadas em quatro grupos básicos: adaptação para hipermídia de modelos existentes orientados a banco de dados ou à estruturação de documentos; modelos existentes em padrões para a estruturação de documentos; modelos específicos a determinados aspectos da hipermídia; e modelos existentes em metodologias para desenvolvimento de sistemas de informação com hipermídia. Algumas dessas propostas de modelos de dados são revisadas no Apêndice A.

Modelos de dados adaptados para incorporarem hipermídia permitem a produção apenas de aplicações hipermídia isoladas e orientadas à recuperação [bieber97:ieeec]. Exemplos desse tipo de modelos são HyperODA [hunter89:ccom] e Multos [bertino88:lns] a partir de ODA [isois8613], HyTime [isoiec10744] a partir de SGML [isois8879], e HB1 [schnase93:tois] a partir de modelos de dados semânticos.

Modelos existentes em padrões para descrição de documentos estruturados ainda são inadequados como ferramentas de modelagem, frente à necessidade de descrição do domínio da aplicação e à necessidade de agregação de semântica a todos os aspectos modeláveis. Como exemplos pode-se citar SGML [isois8879], HTML [flynn95:www] e HyTime [isoiec10744].

Existem modelos de dados que cobrem um ou poucos aspectos relacionados com hipermídia e, devido à sua especificidade, necessitam ser expandidos ou integrados a outros modelos. A sincronização de conteúdos de dados para a adequada percepção de mídias

baseadas em tempo, como é o caso do áudio e do vídeo, recebe atenção em alguns modelos de dados [gibbs94:data] [karmouch96:ieeemm]. A modelagem de aspectos de interação em "interfaces" usuário-computador adequados para a apresentação visual de dados multimídia também pode ser encontrada [koegel92:visual]. Devido aos dados multimídia apresentarem conteúdo sobre o qual é difícil a localização de padrões, existem propostas para recuperação através de elementos visuais [lucarella96:tois] ou através de indexação [salminen95:tois]. A navegação através de dados com seus diferentes requisitos para identificação e localização de conteúdo pode ser modelado com base em âncoras [halasz94:cacm]. Além da consideração do conteúdo como referência para a definição de nós e ligações, outros aspectos dos dados podem ser considerados para navegação [lange94:anoo]. Existe ainda a preocupação com a sensação de ficar perdido durante uma navegação através de dados [bra92:exte]. Há, também, modelos preocupados com a preparação da percepção de dados em ambientes distribuídos [isocd13522].

Estratégias para desenvolvimento de aplicações com hipermídia são essencialmente baseadas em modelos de dados próprios em níveis de abstração distintos, que necessitam ser mapeados a partir do nível mais alto em direção ao nível mais baixo. São verdadeiras metodologias para organização e orientação da implementação de sistemas de informação e têm recebido um interesse crescente nos últimos anos, como é caso EORM [lange94:anoo], RMM [isakowitz95:cacm] e OOHDM [schwabe96:syst], descendentes de HDM [garzotto93:tois].

2.5. A Necessidade de Modelos de Dados Abstratos

As pessoas não entendem informação apenas como tabelas ou grafos^{II.11} em suas conversações e processos de pensamento. De fato, a maneira natural de representação parece ser o diálogo ou o texto em linguagem natural. Além disso, foi rapidamente percebido que a organização inicial dos dados por si não determinava uma estrutura ótima para uma base de dados. Ao contrário, uma base de dados deveria ser projetada de acordo com a funcionalidade e uso que dela se desejava.

Assim sendo, tem havido uma constante preocupação de se criar modelos de dados orientados aos usuários, para que seja possível o entendimento de uma modelagem por leigos, preferencialmente através de meios naturais e convencionais de comunicação [tsichritzis82:data]. Uma modelagem de dados obtida através de modelos orientados a usuários é uma representação abstrata do domínio de interesse.

^{II.11} Os modelos de dados utilizam grafos que representam categorias de entidades através de nós, e relacionamentos através de arestas, permitindo uma visualização mais amigável ao usuário.

Uma consequência da existência de modelos orientados aos usuários é a necessidade de um mapeamento, em primeiro lugar dos elementos do domínio de interesse para uma descrição fruto desse tipo de modelagem, que os usuários dos dados possam entender e que é denominada a parte infológica da modelagem. Em segundo lugar, é necessário estabelecer um mapeamento dos conceitos infológicos básicos em representações computacionais, cuja especificação é denominada a parte datalógica da modelagem [Jangefors77:infos].

A parte infológica é totalmente independente dos mecanismos computacionais ou atributos de dispositivos físicos que podem ser utilizados para o armazenamento dos dados. É usada para orientar e documentar o processo de elucidação dos requisitos de informação, além de prover um meio de comunicação de alto nível destes requisitos a usuários e implementadores. Apesar disso, a maneira pela qual os modelos de dados em uso expressam requisitos de informação não corresponde às maneiras como as pessoas percebem a informação na aplicação, pois utilizam-se de construções artificiais. Esta situação ocorre devido à necessidade de se representar as construções do modelo de dados em termos de construções computacionais.

2.6. Resumo e Constatações

O dado, objeto da modelagem de dados, corresponde ao registro de elementos de informação, através do qual é possível obter-se informação sobre o domínio de interesse. Modelos de dados permitem estabelecer como a organização dos dados pode ser especificada e quais as dimensões que devem ser consideradas para isso. Uma dimensão é considerada um aspecto que é descritível através do modelo de dados, tal como o aspecto estrutural, o comportamental e o relacionado a restrições. A extensão e quantidade das dimensões que devem ser consideradas são questões abertas e em contínua mudança

Em um primeiro momento, entende-se por modelo de dados um conjunto de regras e construções que podem ser usadas para a descrição da organização estrutural abstrata, esquemática ou física dos dados relativos a um domínio de interesse. Inclua-se a preocupação com a descrição das operações que permitem a manipulação dos dados e as restrições necessárias para manter a sua integridade. Pode-se estender esta definição para qualquer aplicação que requeira "estruturação de dados".

Grande parte dos conceitos e entendimento envolvidos com modelos de dados é originária da época em que apareceram os modelos de dados baseados em registros. Os modelos de dados que se seguiram apresentam um arcabouço oriundo desses modelos pioneiros. Modelos de dados têm evoluído, principalmente, para atender as necessidades das

aplicações que surgem em cada época, decorrentes do aparecimento de inovações tecnológicas. Desta maneira, a partir dos modelos de dados existentes e de suas épocas de criação, pode-se traçar um perfil das aplicações por eles atendidas. Modelos de dados baseados em registros responderam bem às necessidades das aplicações tipicamente comerciais e bancárias surgidas entre as décadas de 50 a 70, mas não provêm suporte para a descrição de todos os aspectos envolvidos com o domínio de interesse, em especial os relacionados a operações e relacionamentos [vossen91:data].

Os modelos baseados em registros enfatizam a parte datalógica da modelagem, principalmente devido a sua origem histórica. Enquanto os modelos de dados hierárquico e em rede evoluíram a partir do processamento de arquivos e sistemas de geração de relatórios, por outro lado, o modelo de dados relacional considera a maneira como se realizavam então projeto e implementação de aplicações, baseado mais em fundamentos teóricos do que em experiência prática [tsichritzis82:data]

Modelos de dados semânticos foram criados para resolver o problema do entendimento limitado do significado dos dados em uma base de dados, através da agregação de maior poder semântico, pela possibilidade de uso e visão de várias abstrações estruturais estáticas, em níveis variados, da parte do domínio de interesse que se quer representar. Estes modelos sofreram influência de aplicações em inteligência artificial, entre outras, mas não abrangem nas suas origens aspectos comportamentais, que são englobados nos modelos de dados comportamentais. Porém, em essência, ambos não comportam mecanismos para o suporte de hipermídia, além de outros tipos de aplicação.

A falta de expressividade nos modelos de dados convencionais levou à extensão e à integração de conceitos de outras áreas da computação a esses modelos. Mesmo assim, há ainda uma distância muito grande entre a semântica das aplicações e a sua representação em uma base de dados [vossen91:data].

Por outro lado, embora existam em grande quantidade, os modelos de dados para hipermídia disponíveis não cobrem toda a gama de particularidades que os dados em aplicações hipermídia podem apresentar. Alguns desses modelos de dados, apesar de excelentes ferramentas para a especificação e projeto de hipermídia, não oferecem cobertura completa das necessidades, por terem sido criados isoladamente e especificamente para enfrentar uma ou duas características, sem a presença de um arcabouço padronizado.

Além disso, o papel de um modelo de dados, que originariamente era apenas o de especificar as propriedades de uma futura base de dados, necessita evoluir para servir como

um meio de comunicação, uma notação para pessoas [tsichritzis82:data], utilizando conceitos abstratos.

Este capítulo é resultado do desenvolvimento de artigos e da apresentação de palestras [tobar96:model] [tobar97:evol]. Ao mesmo tempo permitiu a definição de um arcabouço na forma de uma visão espacial, apresentada em seguida e que constitui uma evolução da cadeia de modelos de dados baseados em registro, semânticos e comportamentais. Essa visão pode ser usada como referência para avaliar, comparar e orientar a criação de modelos de dados infológicos orientados a hipermídia.

3. A VISÃO MULTI-DIMENSIONAL PARA MODELOS DE DADOS INFOLÓGICOS

Neste capítulo é proposta uma visão multi-dimensional em que são considerados quatro aspectos através dos quais especificam-se dados de maneira completa. Essa visão é originalmente infológica no que tange o nível de abstração dos mecanismos usados para especificação de dados.

Para a apresentação da visão, inicialmente um espaço tridimensional é estabelecido para a representação espacial dos aspectos considerados nos modelos de dados vistos no Capítulo 2. Na seqüência, a esse espaço tridimensional são incorporados: o componente para especificação de significado; a dimensão de conteúdo; e o componente para especificação de delimitadores para percepção.

O objetivo inicial de identificar modelos de dados orientados à hipermídia resultou no Apêndice A. Neste apêndice encontram-se revisados modelos de dados de vários tipos. Alguns são estabelecidos em: padrões para estruturação de documentos; padrões para manipulação de objetos multimídia e hipermídia; metodologias de autoria para hipermídia; propostas para especificação de elementos que permitem a navegação através de dados e a sua percepção. Através da revisão constata-se que:

- no conjunto de modelos de dados revisados, poucos se preocupam em representar aspectos de domínios de interesse, tais como OOADM e RMM, e estes permitem a modelagem de classes de entidades; não há preocupação com a modelagem de elementos isolados do domínio de interesse;
- os modelos revisados se aplicam à modelagem de diferentes características da hipermídia, tais como apresentação, estrutura, navegação, sincronização temporal, sincronização espacial, etc., sendo que vários deles se preocupam com a questão da navegação em conjunto com a da apresentação, esta última de maneira parcial;
- poucos modelos se complementam e aqueles que se integram ainda não cobrem todos os assuntos relacionados à hipermídia.

Esse quadro também mostrou uma tendência de permanente mutação, principalmente devido aos avanços tecnológicos, e despertou interesse pelas origens dos modelos revisados e pelo motivo da inadequação dos modelos usados na área de banco de dados para atender aos requisitos da hipermídia. A evolução constatada, fruto dos modelos vistos no Capítulo 2, ocorre em três direções independentes: número de aspectos a serem considerados para a

especificação de dados, nível de abstração das especificações e tipo de atividade que o usuário realiza sobre os dados.

Entre os aspectos considerados nos modelos revisados sobressaem aqueles relacionados com estrutura e com o registro de conteúdo, ou seja, codificação. Outros aspectos necessitam ser considerados para uma completa especificação de dados, permitindo o registro do dinamismo existente nos domínios de interesse. Além disso, há necessidade de se agregar significado aos dados.

A busca por um equacionamento entre todos esses conceitos levou à criação de um arcabouço ao qual se pode incorporar os conceitos relacionados às especificidades da hipermídia enquanto extensão de hipertexto e multimídia. O arcabouço resultante é *uma visão multi-dimensional para modelos de dados*, denominada Visão-T^{III.1}. Na definição da Visão-T consideram-se:

- os aspectos suportados pelos modelos de dados existentes, quais sejam, estrutura, comportamento e restrições, que não são necessariamente orientados à hipermídia e são tratados do ponto de vista datalógico;
- os elementos existentes no domínio de interesse, através do uso de abstrações de alto nível, procurando postergar ao máximo possível a interferência do mundo computacional;
- o significado inerente aos elementos de informação que deve ser tratado como componente de especificação, complementando o que foi registrado.

Na eventualidade da existência de modelos de dados combinados e complementares, que isoladamente tratem cada qual de um aspecto ou questão relacionada à especificação de dados, estes são tratados, no que se segue, como um único modelo de dados.

3.1. Um Espaço Tridimensional de Especificação

A representação gráfica dos mecanismos oferecidos por um determinado modelo de dados permite a sua avaliação, em termos de sofisticação da capacidade de especificação que se pode produzir, além de sua comparação com outros modelos. A visão de Date para modelos de dados, apresentada na Seção 2.2.1, é adotada como base para a criação de uma representação gráfica, uma vez que essa visão é das mais completas em termos de aspectos considerados para a especificação de dados.

^{III.1} Visão-T é originária de visão tetra-dimensional.

Um modelo de dados, segundo Date, permite a especificação estrutural de dados, em conjunto com as operações que se pode realizar sobre a estrutura e conteúdo, além das respectivas restrições de integridade. Para isso, oferece um conjunto de mecanismos de especificação, o mais conhecido dos quais é o mecanismo estrutural do registro. Em termos do nível de abstração, esta visão é computacional em essência e a sua cobertura dos aspectos comportamental e relacionado a restrições é datalógica, além de pouco explorada.

Apesar da visão de Date ser apresentada como uma agregação, adota-se a representação de um espaço tridimensional apresentada na Figura 3.1, na qual o domínio de cada uma das três dimensões é discreto, correspondendo a domínios de discurso para a especificação de, respectivamente: caracterização organizacional, ou estrutura; operações para manipulação, ou comportamento; e consistência de integridade, ou restrições. A consideração de restrições é importante pois sistemas interativos complexos de animação e simulação, entre outros, possuem restrições geométricas e de outros tipos que constituem um ferramental extremamente importante para as aplicações [herman96b:ieeemm].

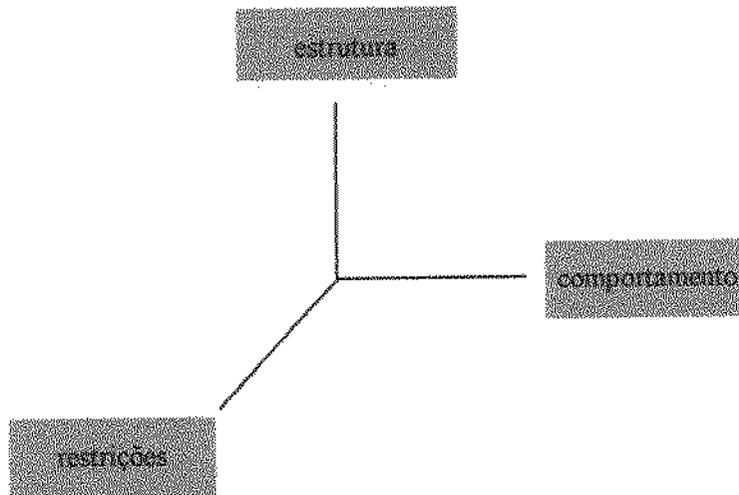


Fig. 3.1. Visão tridimensional para aspectos de especificação de um modelo de dados

Em cada eixo do espaço tridimensional é estabelecido um ponto para cada mecanismo de especificação do modelo de dados sob análise. Exemplos de mecanismos de especificação são construtores estruturais como conjuntos e associações, ou operadores comportamentais como métodos, ou ainda regras declarativas para estabelecimento de restrições.

A ordem dos pontos corresponde à complexidade dos mecanismos, como por exemplo o operador "buscar padrão" (tal como um "elemento gráfico") teria seu correspondente ponto mais distante da origem que o do operador "indicar realização de ação" (tal como em "liberar ordem de pagamento"); considerando que o domínio de interesse é aquele das seguradoras

de bens. Outro exemplo, a restrição “consideração de determinada característica” (tal como “tema”) teria seu ponto mais próximo da origem que o da restrição “estado presente” (tal como “em exibição” ou “em trânsito”); considerando que o domínio de interesse é aquele dos museus.

Um determinado modelo de dados pode ter seus diferentes mecanismos de especificação localizados nos eixos correspondentes e, assim, ocupar um volume no espaço tridimensional. Quanto maior o volume ocupado pelo modelo de dados, maior será o seu poder de especificação, conforme pode ser percebido nos modelos de dados mais evoluídos, alguns dos quais são revisados no Apêndice A, e que procuram oferecer ou uma variedade grande de mecanismos ou de construtores para a criação de mecanismos.

A existência de construtores permite uma ocupação maior de um eixo, podendo, inclusive, abranger todos os pontos, desde que sejam genéricos o suficiente como ocorre com os métodos nos modelos comportamentais.

Um ponto, pertencente ao volume de um modelo no espaço de especificação tridimensional, representa quais características de um elemento de informação podem ser especificadas através de mecanismos do modelo. As projeções de um ponto qualquer no espaço representam mecanismos nos três eixos. Isso significa que existem mecanismos que se complementam no objetivo de especificar características de dados da melhor maneira possível, ou seja, estrutural, comportamental e relacionada a restrições.

O espaço tridimensional proposto, se usado como uma referência para modelos de dados, permite entender que há a necessidade de estender as modelagens convencionalmente produzidas através do suporte para a especificação da descrição de:

- estruturas de dados compostas e complexas, utilizando construtores básicos como *set*, *bag*, etc., que possam ser tanto atômicas como compostas, preferencialmente para uma melhor representação de entidades individuais e categorias do domínio de interesse;
- comportamento, ou seja, operações abstraídas que representem e estabeleçam o dinamismo das entidades individuais e das categorias do domínio de interesse, que ocasionem, quando implementadas, mudanças no conteúdo e na estrutura dos dados;
- restrições, ou seja, condições para consistência e integridade do estado das entidades individuais e categorias no domínio de interesse, abstraídas como

invariantes, pré e pós-condições sobre o estado inicial e o resultado da atividade das operações de comportamento.

A especificação de restrições pode abranger regras cuja implementação provoque capacidade reativa, não diretamente ocasionada por um usuário ou uma aplicação. A capacidade reativa é encontrada em bases de dados ativas, nas quais sua especificação é realizada através de gatilhos.

A visão tridimensional é suficientemente abrangente para englobar os modelos de dados semânticos e os baseados em registro. Verifica-se, nestes casos, que o espaço tridimensional não é totalmente explorado.

O volume de um modelo de dados raramente apresenta projeções simultâneas nos três eixos. Na realidade esse volume constitui superfícies, não necessariamente contínuas. Isto reflete uma ocupação restrita a um ou poucos pontos na dimensão estrutural e a poucas projeções nas outras duas dimensões. A motivação para esse quadro se deve à consideração pelos projetistas de uma estrutura única para os dados, acompanhada, da maneira mais enxuta possível, de comportamento e restrições orientados ao computador, refletindo a pouca importância dada aos correspondentes aspectos e resultando em uma relativa simplicidade dos modelos.

A simplicidade dos modelos de dados disponíveis é considerada um ponto forte destes, ainda mais quando é acompanhada de um suporte teórico com fundamentação formal, como é o caso do modelo relacional [codd70:cacm].

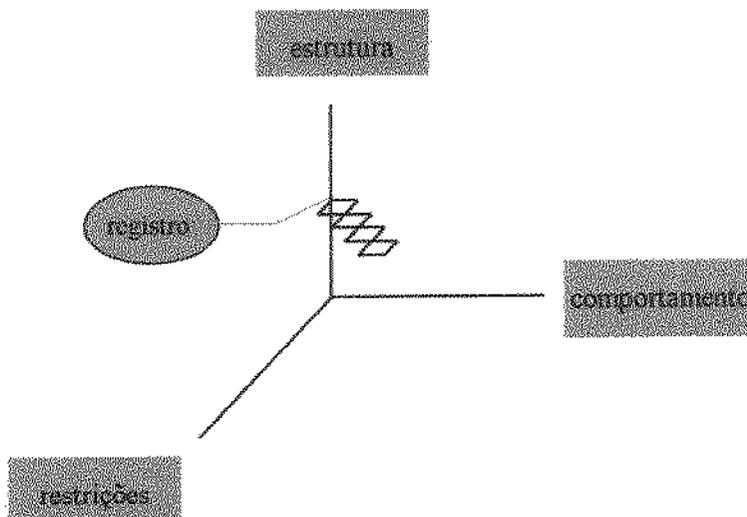


Fig. 3.2. Visão tridimensional do modelo relacional

No modelo relacional [codd70:cacm], por exemplo, toda estrutura de dados corresponde a uma *relação* cujos componentes são tuplas (registros), mesmo para a

descrição conceitual dos dados. As operações permitidas são: navegação, seleção, projeção, junção, inserção, remoção e atualização. Em essência, existe preocupação com: a integridade referencial; identificação única de tuplas; não redundância ou chave mínima; impossibilidade de atualização de chaves; e impossibilidade de chaves assumirem o valor nulo. Neste contexto nota-se que o modelo relacional ocuparia áreas não necessariamente contínuas de um plano com sua projeção correspondendo à estrutura registro, um ponto no eixo estrutural, como é apresentado na Figura 3.2.

Os mecanismos de especificação comportamental e de restrições, no modelo relacional, refletem uma preocupação com a implementação computacional dos dados, em detrimento da representação de elementos de informação, ou seja, confirmam que esse modelo de dados é datalógico.

Os modelos de dados ditos comportamentais ocupam a dimensão estrutural e constituem uma exceção na ocupação da dimensão comportamental orientada ao domínio de interesse. A dimensão de restrições não é de todo explorada, não existindo mecanismos específicos para o seu suporte.

Modelos de dados não exploram a dimensão de restrições, apesar disso, a tecnologia de objetos é considerada excelente para a obtenção de uma gerência unificada para regras, conteúdo e comportamento [chiu96:3-dim].

3.2. Incorporação de Significado ao Espaço Tridimensional de Especificação

Conceitualmente dado deve ser definido de maneira a englobar o conceito de conteúdo e os correspondentes conceitos de estruturação, comportamento, restrição e significado.

Definição 16 *Estrutura* corresponde às abstrações utilizadas para permitir a referência e manipulação do conteúdo correspondente à parte estática dos elementos de informação. Em geral, representa a complexidade em que se agregam as características dos elementos de informação modelados.

Definição 17 *Comportamento* corresponde às operações abstraídas que representam e estabelecem o dinamismo dos elementos de informação. Quando implementado o comportamento ocasiona mudanças sobre o conteúdo e sobre a estrutura.

Definição 18 *Restrição* corresponde às condições para consistência e integridade do conteúdo e estrutura resultantes da ação de operações dos elementos de informação.

Significado deve ser também considerado em cada uma das três dimensões. Em um primeiro momento, é através dele que é possível agregar informação sobre o domínio de interesse, estabelecendo a natureza infológica da Visão-T. Posteriormente na implementação pode-se agregar significado na forma de *descritores*, ou seja, informação que permite e facilita a manipulação computacional dos dados. No entanto, não há a obrigatoriedade da existência do significado.

Em essência, modelos de dados usados na prática são descritivos e datalógicos, não contemplando ou não enfatizando interpretação, além daquela decorrente da nomenclatura e dos tipos usados para especificar estruturas, operações e restrições; estas duas últimas quando existem. Considerando novamente o exemplo do modelo relacional, a porção de significado relativa ao domínio de interesse se restringe à nomenclatura usada para identificar as "relações" e os "domínios" dentro destas. Qualquer outra necessidade de significado necessita ser modelada através de "domínios" em "relações".

Definição 19 *Descrição* constitui a especificação de uma abstração através da qual registra-se um aspecto de um elemento de informação.

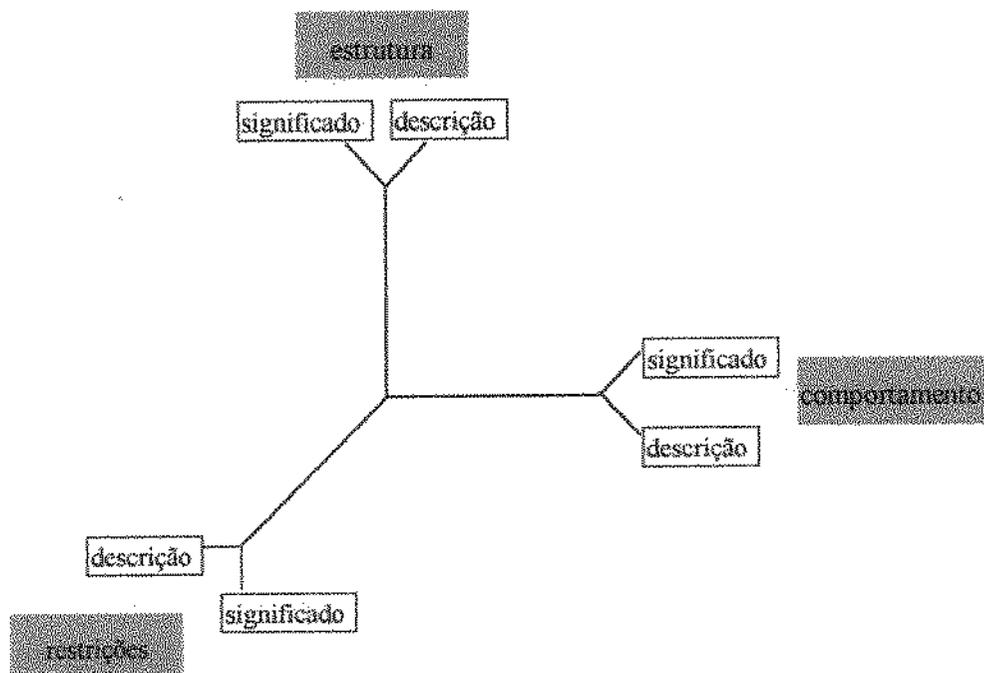


Fig. 3.3. Consideração de significado (interpretação) além de descrição

Assim, passa-se a considerar tanto predicados ou descrição como asserções ou significado em cada uma das dimensões, o que é representado na Figura 3.3. Basicamente, a descrição (Definição 19) constitui a especificação de uma abstração, enquanto através do significado é possível especificar pistas para a elucidação do que se pretendia abstrair, qual a motivação da escolha dos mecanismos ou construtores usados na descrição do aspecto, além de comentários que sintetizem e complementem essa descrição.

Diferentemente da consideração de descrição e significado como componentes de cada aspecto de especificação de dados, é possível considerar um nível ou espaço paralelo para descrição separado de outro para significado, mas como estes são elementos complementares, não apresentariam necessariamente sub-elementos correspondentes em níveis ou dimensões relativas à estrutura, comportamento e restrições.

A consideração de significado em cada uma das três dimensões ocasiona a possibilidade de acoplar às descrições o contexto em que se insere cada aspecto dos elementos de informação que se deseja modelar. Via de regra, o significado é especificado textualmente em linguagem natural. Palavras chave também podem ser especificadas, mesmo não estando relacionadas à nomenclatura ou descrição, para permitir buscas eficientes em uma implementação dessa modelagem. Outra abordagem possível para a agregação de significado é a do "hypervideo" [sawhney97:ieeemm] através da qual, enquanto o usuário percebe um conteúdo de dados, são exibidos diversos "clips" relacionados que aparecem e desaparecem ao longo do tempo e que permitem a complementação da informação, através de outras descrições relacionadas, desde que selecionados. Em essência, o hypervideo nada mais é que uma forma de navegação, não havendo âncoras definidas sobre o conteúdo, permitindo assim um maior número de associações com elementos correlatos.

3.3. A Dimensão de Conteúdo

Entende-se por conteúdo o componente do dado onde efetivamente se encontra o registro da informação capturada no domínio de interesse. Em termos computacionais, todo conteúdo requer uma estrutura que permita a sua manipulação através de operadores. Nos modelos de dados semânticos e comportamentais introduz-se algum significado semântico ao conteúdo através da estrutura.

Em aplicações com multimídia e hipermídia distingue-se a figura do *componente de informação* (Definição 20), que corresponde a uma dentre várias possíveis unidades para percepção e manipulação dos dados relacionados a um ou mais elementos de informação de um domínio de interesse. Componentes de informação são constituídos por elementos

especificáveis através de modelos de dados com orientação datalógica, ou seja, mais próximos do computador do que do domínio de interesse.

Definição 20 *Componente de Informação* corresponde a uma dentre várias possíveis unidades para percepção e manipulação dos dados relacionados a um ou mais elementos de informação de um domínio de interesse^{III.2}.

Componentes de informação são constituídos por elementos especificáveis através de modelos de dados com orientação datalógica, ou seja, mais próximos do computador do que do domínio de interesse.

Componentes de informação podem se tornar objetos de interesse para o usuário, se este necessitar organizar, armazenar e gerir os mesmos e, assim, estabelecem uma dicotomia em termos de modelagem e implementação: por um lado são elementos que representam algo de um domínio de interesse; por outro lado constituem elementos de um domínio de interesse que necessitam ser modelados e implementados. Ou seja, tornam-se meio e fim em modelagens. De todos os aspectos de um componente de informação tradicionalmente o conteúdo é o mais, senão o único, explorado em relação ao domínio de interesse.

Definição 21 *Componente Multimídia* é o elemento mais básico de um componente de informação, que consiste de um elemento atômico em relação à estrutura e conteúdo, codificado de acordo com uma determinada mídia.

Podem existir muitos componentes multimídia para registrar características percebidas em um mesmo elemento de informação de um domínio de interesse. As múltiplas possibilidades de registro se devem, como já visto, ao número de detalhes, os pontos de vista e os contextos possíveis, além, é claro, das diferentes mídias que podem ser usadas. São diferentes mecanismos de especificação e de captura que também permitem que exista uma grande quantidade desses diferentes registros.

Componentes multimídia não existem do ponto de vista de modelos de dados infológicos, mas deve haver mecanismos para especificação de elementos abstratos que posteriormente são transformados em componentes multimídia e que, de alguma maneira,

^{III.2} O termo *componente* é originário do modelo de referência Dexter [halasz94:caem], no qual corresponde basicamente à descrição de uma unidade ("container") de dados atômica, ou de uma ligação associativa ou de uma âncora ou, ainda, a uma composição ("composite") destes, em níveis variados de abstração. No modelo Dexter é possível a manipulação de qualquer componente, independentemente de seu nível de abstração.

devem corresponder a elementos que caracterizem os elementos de informação em níveis altos de abstração, algo similar ao conceito de perspectiva em OOHDM e HDM.

No entanto, quando se inicia o projeto de dados, o que ocorre é a determinação do tipo de componente de informação e, por conseguinte, dos respectivos componentes multimídia. Também pode ocorrer a realização da captura das instâncias, em formato bem próximo daquele que é disponibilizado em computador. Assim, não há a preocupação em se utilizar mecanismos com alto nível de abstração, neste primeiro momento. Então, no lugar do que deveria ser considerado um mecanismo abstrato de especificação para registro de domínio, é utilizado qualquer mecanismo, em qualquer nível de abstração, que indique ou permita o registro de informação, ou seja, a geração de conteúdo.

Em modelos de dados infológicos pode-se considerar que existem mecanismos de especificação de elementos de informação que, posteriormente, são mapeados e dão origem a componentes multimídia. Estes mecanismos constituem uma nova dimensão de especificação, tanto quanto os mecanismos para especificação estrutural, comportamental e relativos a restrições. A dimensão de conteúdo coexiste com as demais três, é independente e preenche uma lacuna nos modelos de dados tradicionais que é aquela relacionada ao registro da informação captada no domínio de interesse. Exemplo de mecanismos nessa dimensão são o texto, a fotografia, a música ou o vídeo, representados na Figura 3.4.

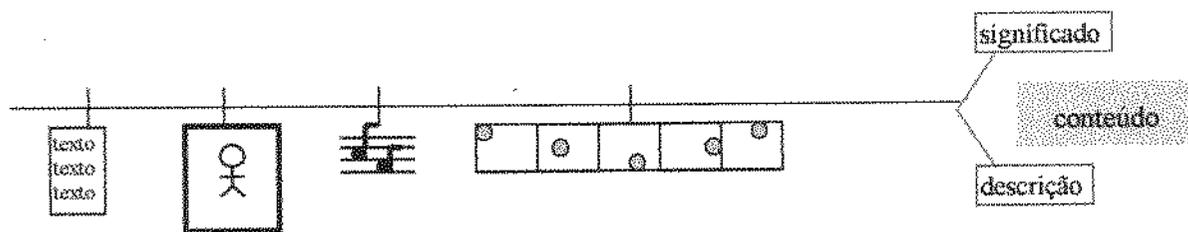


Fig. 3.4. Mecanismos na dimensão do conteúdo

Na dimensão de conteúdo, como ocorre nas demais três dimensões, também existem a descrição e o significado. A descrição corresponde ao tipo de codificação ou à codificação do conteúdo dos dados propriamente dita. O conteúdo dos dados ou descrição na dimensão do conteúdo é semelhante ao que é denominado *xenofom* no padrão HyTime [newcomb91:cacm], no qual compreende codificação de um vídeo digital, ou áudio, ou objeto gráfico. O significado corresponde às asserções para auxílio na interpretação dessa descrição. Tanto descrição quanto significado nesta dimensão podem ser resultado de captura e autoria realizadas através de ferramentas automatizadas. É importante incorporar significado ao conteúdo para o momento de sua percepção pelo usuário, de maneira a facilitar e, muitas vezes, permitir a interpretação do conteúdo.

3.4. Incorporação de Mecanismos para Suportar Características de Hipermídia

Hipertexto é caracterizado por elementos que compõem os dados e permitem a especificação de nós, objetivando a exploração de ligações associativas entre os mesmos. Nós e ligações podem ser organizados e projetados através de um modelo de navegação, constituindo abstrações representáveis via grafos e através das quais pode-se navegar. Outra abstração tradicional é a âncora. Ligações conectam âncoras que são localizações dentro de nós e permitem estabelecer quais partes dos nós devem ter associações lógicas, por constituírem conceitos relevantes e afins na mente do autor.

Nós também são denominados componentes, que são elementos estruturais que permitem a manipulação do conteúdo dos dados. No presente contexto são usados componentes como unidades de descrição de dados nas dimensões conteúdo, estrutura, comportamento e restrição.

Considera-se que uma modelagem de navegação é, essencialmente, constituída por elementos computacionais que permitem uma forma alternativa de manipulação dos dados. Essa modelagem deve resultar da adaptação dos resultados inicialmente obtidos através de modelos de dados infológicos, pois nós, ligações e âncoras não existem no domínio de interesse.

Ligações constituem um aspecto crítico no desenvolvimento de aplicações com recursos para navegação, devido à capacidade do autor em identificar associações entre dados. Essa identificação é possível, em um primeiro momento, através do conhecimento do domínio de interesse e seus registros, e, em um segundo momento, através da percepção e estabelecimento das necessárias e melhores associações para acesso aos dados, sob diferentes pontos de vista. Exemplos de tipos de ligação que o autor deve considerar são ligações para facilitar navegação, ligações conceituais relacionadas com o domínio de interesse e ligações organizacionais relacionadas à estruturação de um documento.

As características da multimídia requerem mecanismos e elementos que permitam o uso de diversas mídias para registro e exibição de informação. Entre outras coisas, a sua modelagem, denominada modelagem de percepção, requer a sincronização de múltiplas partes de dados com mídias distintas, além de sua apresentação, possivelmente interativa, em termos temporais e espaciais [mühlhäuser96:ieeemm]. A sincronização, diretamente dependente da mídia escolhida para o registro do conteúdo, pode se relacionar tanto à ocupação espacial para visualização, quanto à temporal para visualização, audição ou percepção sensitiva. A especificação de multimídia deve estar direcionada a um equipamento alvo destinado à percepção.

Durante uma modelagem infológica de dados, os elementos característicos do hipertexto, bem como da multimídia, não devem ser enfatizados, devido à sua natureza computacional. Modelos infológicos devem suprir mecanismos que permitam e facilitem mapeamentos a outros modelos de dados, mais especificamente a mecanismos apropriados à especificação de navegação e percepção em níveis mais baixos de abstração.

Na Visão-T considera-se um mecanismo infológico para permitir a posterior especificação de características de navegação e percepção, o *delimitador para percepção* (Definição 22).

Definição 22 Um *delimitador para percepção* estabelece uma localização dentro de um elemento de descrição relativo a qualquer dos quatro aspectos existentes.

Definição 23 Um *elemento de descrição* corresponde a uma abstração que descreve total ou parcialmente um aspecto do dado. Um elemento de descrição pode ter relacionados vários delimitadores para percepção.

Âncoras tradicionais são regiões de tamanho variável que demarcam registros codificados de acordo com os diversos tipos de mídia, podendo até mesmo corresponder a todo o conteúdo. A estruturação dos dados pode ser e é usada para a separação de conteúdos em componentes que são usados como referência para realizar a identificação e a marcação de âncoras. Através das âncoras costuma-se estabelecer ligações associativas diretas ou indiretas a outras regiões de conteúdos como é representado na Figura 3.5. Essas ligações associativas, uma vez especificadas e implementadas, permitem ao usuário navegar através de conteúdos que se relacionem de alguma maneira, para permitir a percepção das regiões demarcadas.

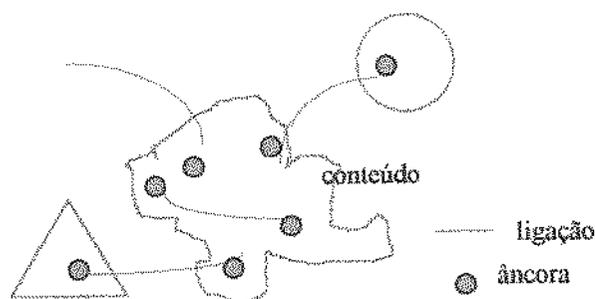


Fig. 3.5. Visão convencional de ligações associativas, a partir de âncoras no conteúdo

A quantidade de detalhes de uma âncora é bem maior que de um delimitador para percepção. Enquanto o segundo estabelece apenas uma localização na descrição de uma abstração, o primeiro, além da localização em uma implementação, tem associadas especificações de percepção e de acesso ao dado.

Tradicionalmente, as âncoras são determinadas dentro do conteúdo dos dados, embora muitos autores considerem factível sua determinação em qualquer parte da descrição estrutural; por exemplo, Halasz [halasz94:cacm] em seu modelo de referência. Além disso, toda âncora está diretamente relacionada com a percepção de um aspecto do dado, convencionalmente conteúdo, mesmo quando se considera âncoras estruturais; por exemplo, Garzotto [garzotto93:tois] em sua metodologia HDM.

Por exemplo, cada artigo ou capítulo de um livro pode ser um elemento de descrição estrutural de um componente de informação pertencente ao domínio de bibliotecas e pode ter um delimitador para percepção associado ou ser referência para delimitadores para percepção.

A ancoragem estrutural depende da existência de mecanismos de especificação para componentes de informação, como composições de outras composições ou de componentes multimídia, âncoras e ligações. Desta maneira, é possível estabelecer como âncora tanto um agregado, que constitui um filme, com trilha sonora e trilha de dublagem, como uma determinada parte do filme, ou mesmo uma região em um dos quadros do filme.

No padrão HyTime admite-se que, além de conteúdo codificado, sejam referenciados programas e "scripts". No sistema Hyper-G [kappe93:hyper], atualmente HyperWave, âncoras ativas têm um pedaço de código associado que é executado quando a âncora é selecionada.

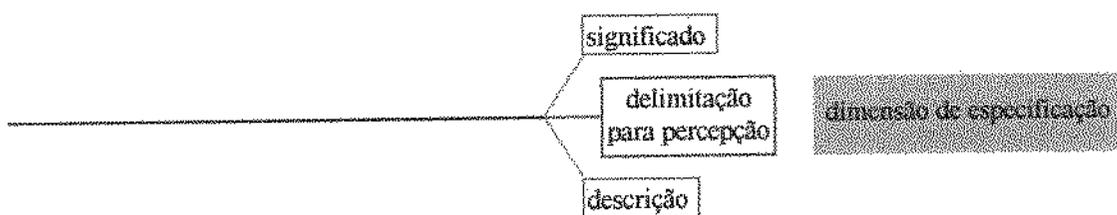


Fig. 3.6. A incorporação da especificação de delimitadores para percepção no espaço tetra-dimensional, ao lado de descrição e significado

Nada deve impedir que sejam especificados delimitadores para percepção também associados às descrições de estrutura, de comportamento e de restrições. Mais do que isso, os delimitadores para percepção passam a ser componentes da especificação de dados, ao lado da descrição e do significado como apresentado na Figura 3.6, já a partir de modelagens

realizadas através de modelos de dados infológicos, de maneira a permitir expressar as primeiras considerações relacionadas à percepção e navegação dos dados que posteriormente tomarão corpo.

Delimitadores para percepção podem ser mapeados em âncoras oferecidas por um modelo de dados orientado à navegação. A exemplo de vários modelos de dados para hipermídia, entre os quais destaca-se o modelo de referência Dexter [halasz94:cacm], é interessante separar conceitualmente e também na implementação, a especificação dos delimitadores para percepção dos correspondentes conteúdos ou descrições estruturais, comportamentais e de restrições. Essa independência facilita a posterior exploração tanto de visões como de ligações associativas.

3.5. Resumo e Constatações

A visão tetra-dimensional para modelos de dados, denominada *Visão-T*, estabelece quatro dimensões para a especificação completa de um dado. São elas: *estrutura*, *comportamento* e *restrições*, apresentadas na Seção 3.1, além de *conteúdo*, explorada na Seção 3.3. Em cada dimensão de especificação deve-se considerar a *descrição* do aspecto e a incorporação não obrigatória de *significado*, discutido na Seção 3.2, e de *delimitadores para percepção*, discutidos na Seção 3.4. Esse arcabouço permite avaliar o poder de expressão de modelos de dados. Além disso, serve como base para a revisão dos modelos de dados existentes e para a criação de novos. A *Visão-T*, embora essencialmente infológica, também se aplica a modelos de dados datalógicos.

A existência de modelos de dados infológicos estabelece como requisito a transformação de seus resultados, que estão em alto nível de abstração, em especificações com baixo nível de abstração. Essa transformação pode ser conduzida através de mapeamentos de modelos.

Uma das causas para incompatibilidade entre usuário e computador é a criação de elementos artificiais entre a forma que o usuário percebe o mundo e forma como este é exibido em uma aplicação, ou seja, como são feitas adaptações com alto nível de abstração em especificações de baixo nível. Os elementos artificiais resultam da inexistência de mecanismos que preservem, nos níveis baixos de abstração, os elementos modelados nos altos níveis de abstração.

Modelos de dados infológicos, bem como outros com algum grau de abstração, devem garantir a existência de *facilitadores de mapeamento*, na maneira desejada para as duas

interfaces existentes entre os três níveis do modelo Dexter. Com esse objetivo o delimitador para percepção é proposto, considerando os assuntos de percepção e navegação.

A consideração de delimitadores para percepção como componentes de cada uma das dimensões no espaço tetra-dimensional é bastante interessante, pois a sua natureza estabelece uma ligação direta entre o delimitador e alguma descrição, e só a ela. Assim, permite generalizar uma base para posterior definição de ligações envolvendo estrutura e comportamento, que aparecem em alguns modelos de dados, bem como para restrições. Desta maneira, obtém-se mais um componente de especificação para caracterização completa de dados.

A Visão-T permite que se façam as seguintes constatações, considerando modelos de dados disponíveis usados em metodologias para desenvolvimento de sistemas de informação com hipermídia^{III.3}:

- não se conhece modelo com a abrangência das quatro dimensões de especificação, mesmo quando se considera integração de modelos de dados;
- nas dimensões cobertas pelos modelos conhecidos não são suportadas abstrações no nível infológico, exceto para o aspecto estrutural;
- embora vários autores, entre eles Schnase [schnase93:tois] e Chorafas [chorafas94:immd], preconizam a necessidade de incorporação de significado semântico ao conteúdo multimídia como solução para os problemas de interpretação de componentes de informação, é possível perceber que isso pode ser melhorado caso se permita a navegação entre modelagens que mantenham algum tipo de interseção ou ligação^{III.4};
- apesar do passo inicial nas metodologias mencionadas ser o estabelecimento ou a preocupação com o aspecto estrutural dos dados, nada deveria impedir que outras modelagens se iniciem enfatizando outros aspectos que não o estrutural; a flexibilidade de escolha da dimensão para início de uma modelagem e sua implementação possibilita a exploração de tipos diferentes de reuso, relativos a cada uma das dimensões.

^{III.3} Exemplos de modelos de dados infológicos são o modelo MER em RMM [isakowitz95:cacm] e um modelo comportamental em OOHDM [schwabe96:syst] que constituem o primeiro passo para a realização de um processo de mapeamentos e conversões de modelagens. RMM e OOHDM encontram-se descritos no Apêndice A.

^{III.4} Por exemplo, se for preservada e disponibilizada a modelagem infológica, obtida através de metodologias como RMM e OOHDM, e se for permitido que esta seja navegada como apresentado no Capítulo 5 a partir de uma modelagem de componentes de informação, então, a informação disponível através da modelagem infológica poderia ajudar na interpretação dos componentes de informação.

A Visão-T é usada como referência para avaliação de modelos de dados orientados a hipermídia, de maneira integrada a outros dois pontos de vista, produzindo um mapa para categorização de modelos. Este mapa é definido e apresentado em seguida.

4. CATEGORIZAÇÃO DE MODELOS DE DADOS PARA HIPERMÍDIA

Modelos de dados para hipermídia são resultado de uma constante evolução de modelos de dados convencionais, evolução de que trata o Capítulo 2. Embora existam, tais modelos apresentam: pouca abrangência na cobertura dos requisitos intrínsecos à hipermídia; alternativas para diversas das mesmas características de dados hipermídia, estabelecendo sobreposições de cobertura; e similaridade nos mecanismos de especificação suportados. A revisão no Apêndice A apresenta vários modelos de dados propostos para o suporte ao projeto de dados com características de hipermídia, alguns dos quais constituem padrões enquanto outros são usados em metodologias de autoria.

Existem tentativas de integração de modelos de dados, todavia não se encontrou tipo algum de integração para uma especificação que cobrisse todas as características conhecidas de aplicações com hipermídia. Através da revisão realizada, é possível detectar as seguintes questões em aberto:

- Como saber se determinado modelo de dados pode complementar ou apresenta sobreposição com outro modelo?
- Como comparar modelos de dados, sabendo que estes podem ser diferenciados através do número de aspectos cobertos, dos tipos, sofisticação e grau de abstração de mecanismos suportados?
- Como estabelecer a abrangência que deve ter um sistema para suporte completo das atividades de manipulação de elementos hipermídia?

Neste capítulo propõe-se uma resposta para essas questões na forma de um *Mapa de Categorização Abstrata*, que pode ser considerado um arcabouço de referência para qualquer tipo de modelo de dados, supondo que a abrangência máxima seja aquela da hipermídia em relação aos tipos de serviços necessários para a manipulação computacional de modelagens de dados.

Modelos de dados podem ser categorizados no Mapa de Categorização Abstrata de acordo com três pontos de vista complementares:

- A ênfase que apresentam em relação ao nível de abstração usado na representação dos dados. As possibilidades variam basicamente nos níveis externo, intermediário e físico. A arquitetura ANSI/SPARC, revisada no Apêndice A, também apresenta esses três níveis de abstração, porém destinado à categorização de esquemas para bases de dados.

- A abrangência segundo a Visão-T, proposta no Capítulo 3, em relação aos aspectos considerados e aos tipos de especificação que permitem realizar a caracterização completa de dados hipermídia no nível infológico.
- Os serviços computacionais através dos quais é possível manipular dados hipermídia. Entre esses serviços encontram-se os que permitem percepção, interação e navegação.

Em relação aos níveis de abstração, os modelos de dados podem ser enquadrados em um dos três níveis, mas nada impede que abranjam mais de um nível ou que fiquem restritos a uma parte de um dos níveis. Concomitantemente, um modelo de dados pode abranger um ou mais dos aspectos da Visão-T, bem como estar destinado à modelagem de elementos que suportem um ou mais dos serviços computacionais.

4.1. Motivação para o Mapa de Categorização Abstrata

A título de motivação para a definição do Mapa de Categorização Abstrata são brevemente discutidos o Modelo R do Sistema Trellis [furuta90:trell] e os níveis de abstração do padrão Premo [herman96b:ieeemm], pois ambos se preocupam em explorar níveis de abstração. Além disso, é discutida a arquitetura de documentos proposta por Steinmetz [steinmetz95:mm] que apresenta modelos de dados separados, enfatizando serviços computacionais distintos, e a arquitetura ANSI/SPARC [tsichritzis78:ansi] [burns86:signr], através da qual se estabelecem níveis de abstração para esquemas de bases de dados.

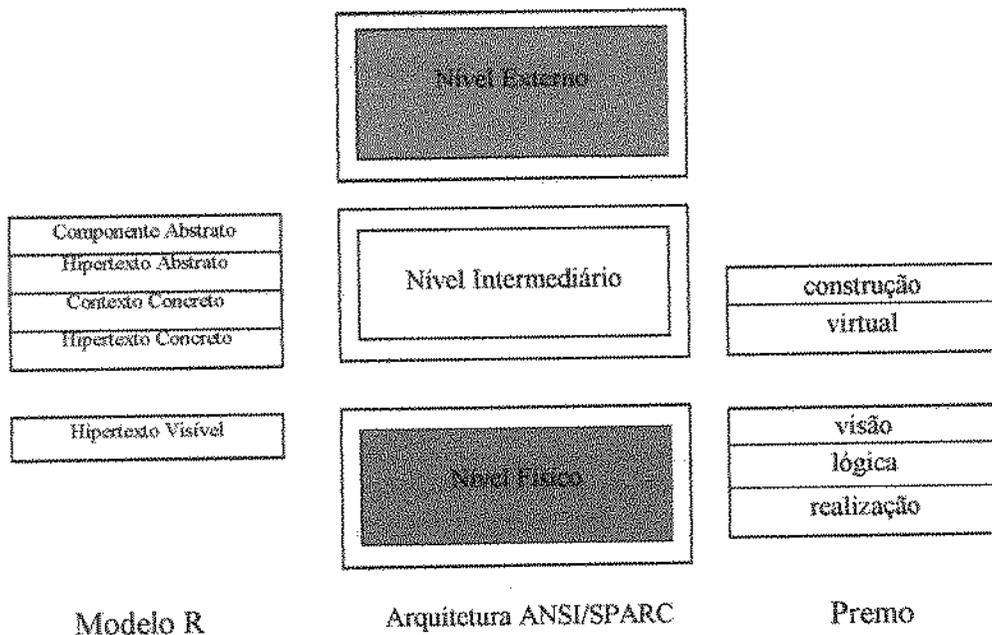


Fig. 4.1. Arquitetura ANSI/SPARC, modelo R/Trellis e modelo Premo

No modelo R ou modelo de referência do Sistema Trellis [furuta90:trell] são utilizados níveis de abstração, ao contrário, por exemplo, do modelo de referência Dexter [halasz94:cacm] que é dito composto por níveis, mas que na realidade trabalha com componentes de uma arquitetura sistêmica.

Os cinco níveis do modelo R são apresentados na Figura 4.1 ao lado esquerdo dos níveis de abstração da arquitetura ANSI/SPARC, de maneira a mostrar os seus equivalentes, considerando ser possível adaptar tal arquitetura para a categorização de modelos de dados. Um de seus níveis corresponde de maneira parcial ao nível físico, fortalecendo a idéia da existência de modelos que abrangem mais de um nível e da localização parcial em um nível. Os níveis que coincidem com o nível intermediário são indicadores para o estudo da subdivisão desse nível. Em relação ao Mapa de Categorização Abstrata essa divisão é discutida na Seção 4.2.3.

O padrão Premo pode também ser apresentado em níveis de abstração, embora na literatura disponível isto seja pouco explorado. Os cinco níveis também são mostrados, ao lado direito da arquitetura ANSI/SPARC na Figura 4.1. Ressalte-se que o modelo Premo é uma exceção em que se percebe a preocupação com detalhes de implementação e que seus dois níveis mais abstratos correspondem à parte baixa do nível intermediário da arquitetura ANSI/SPARC.

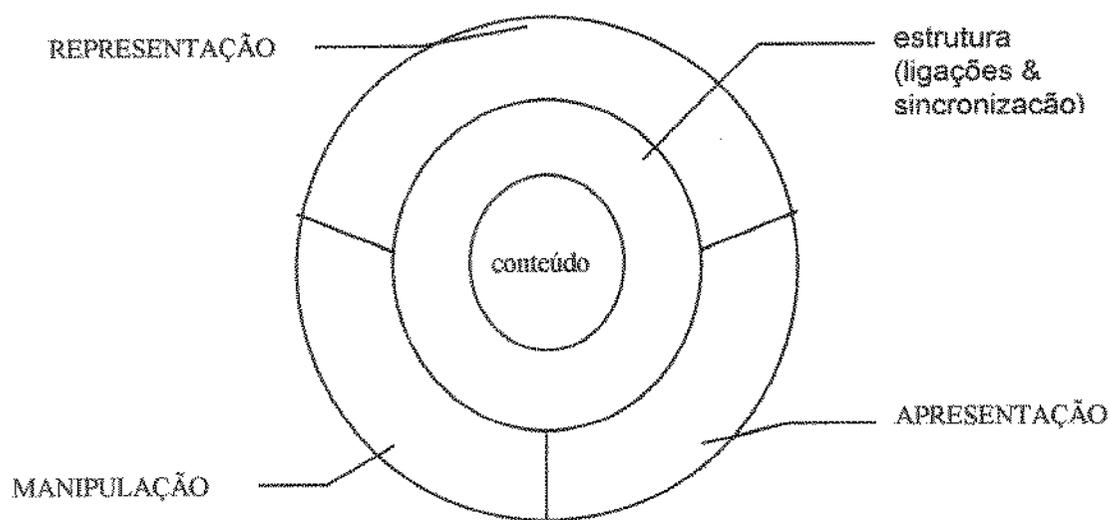


Fig. 4.2. Arquitetura de documentos SGML/ODA/MHEG [steinmetz95:mm]

Outro motivador para o Mapa de Categorização Abstrata é observável em Steinmetz [steinmetz95:mm] quando aborda a questão da arquitetura de documentos para, de maneira comparativa, analisar os padrões SGML [isois8879], ODA [appelt93:cjour] e MHEG [isocd13522]. Este autor estabelece que a arquitetura descreve as conexões entre os

elementos individuais representados como modelos. Os modelos considerados são o modelo de *representação*, o de *apresentação* e o de *manipulação*, conforme pode ser visto na Figura 4.2.

Enquanto no modelo de manipulação é possível a descrição de todas as operações permitidas para criação, mudança e remoção de dados, no modelo de representação é possível a definição dos protocolos para intercâmbio desses dados entre diferentes sistemas computacionais e os formatos para armazenamento dos dados. O modelo de apresentação não é desenvolvido.

Segundo Steinmetz, o SGML abrange apenas o modelo de representação, enquanto que o ODA abrange tanto o modelo de representação como o modelo de apresentação. Para o MHEG não há análise de abrangência, mas imagina-se que abranja os três modelos, devendo ressaltar-se que seu objetivo principal é o modelo de manipulação no que está relacionado ao intercâmbio e preparação da apresentação de dados.

Modelos de dados são, desde seus primórdios, fortemente relacionados à atividade de projeto de bases de dados, pois o projeto de uma base de dados nada mais é do que a construção de um modelo de uma parte de um mundo real ou imaginário, de maneira que possa ser entendido por várias pessoas, os projetistas e implementadores da base de dados.

As tarefas de projeto e desenvolvimento de bases de dados, tradicionalmente desenvolvidas artesanalmente, muitas vezes de maneira inconsistente, ganham muito com a utilização de modelos de dados, que, se bem usados, permitem o aparecimento de um processo estruturado e racional, baseado em métodos bem definidos de projeto [wiederhold83:dbdes].

Um projetista de bases de dados, durante a fase preliminar de projeto, tem por objetivo transformar as descrições de requisitos de informação e requisitos de processamento em uma ou mais visões, posteriormente integradas, utilizando-se de um modelo de dados abstrato. O modelo de dados utilizado é, em geral, distinto do modelo de dados base para a descrição estrutural (e algumas vezes de integridade) da base de dados. A descrição da base de dados ocorre durante a fase de projeto esquemático, que segue o projeto abstrato, e consiste (pode consistir) de uma tradução entre modelos de dados. Seguem, ainda, as fases de projeto de implementação e projeto físico, onde utilizam-se ferramentas de um Sistema para Gerência de Bases de Dados para a especificação da implementação propriamente dita.

Uma proposta consagrada para descrição de uma hierarquia de esquemas, correspondendo a três níveis de uma arquitetura para sistemas de bases de dados, é denominada arquitetura ANSI/SPARC e constitui outro motivador para a definição do Mapa de

Categorização Abstrata. Os níveis da arquitetura ANSI/SPARC são plenamente identificáveis com modelos de dados, estabelecendo:

- o nível abstrato ou externo, que representa uma visão abstrata para os dados que serão armazenados, enfocando os elementos de informação que são relevantes aos usuários, evitando aspectos relacionados com armazenamento, estratégias de recuperação ou desempenho;
- o nível esquemático ou intermediário, que permite a descrição de conteúdo e estrutura, considerando ou não a existência de uma modelagem abstrata, e utiliza mecanismos como tipos dos dados, relacionamentos entre tipos e regras de consistência para os mesmos, a partir do ponto de vista do projetista da base de dados;
- o nível físico ou interno, no qual estão descritas as estruturas físicas da base de dados, considerando sua implementação e sua gerência, da maneira como são vistas pelo sistema operacional, incluindo tamanho e "layout" de campos e registros, blocos, "buffers", etc.

A categorização dos modelos de dados em infológicos (preocupados com a representação abstrata^{IV.1}) e datalógicos (preocupados com a representação computacional ou física) pode ocasionar a necessidade de um mapeamento das modelagens da primeira categoria em modelagens da segunda, quando se deseja a implementação de um sistema de informação. E esse mapeamento pode, ainda, ser realizado em etapas.

Modelos de dados de alto nível ou abstratos estão mais próximos do usuário e de como este percebe o mundo e determinam, entre outras coisas, a organização dos dados em categorias e o meio em que se realizará o registro de dados (texto, áudio, vídeo ou gráfico, por exemplo), permitindo a especificação de abstrações de um mundo, focadas nos elementos de informação relevantes, que são mais fáceis de entender do que conceitos computacionais, permitindo a captura dos requisitos de informação de uma aplicação.

^{IV.1} O termo *abstrato* é aqui utilizado para se referir aos subprodutos das atividades de coleta, elucidação e especificação de requisitos, que em alguns autores aparece como *conceitual* [elmasri89:fdbs], [navathe92:cacm], ou como *lógico* [chorafas94:immd], [date83:idbs].

O termo *esquemático*, por sua vez, é aqui utilizado para se referir aos subprodutos das atividades de projeto (preliminar e detalhado), que se denomina *conceitual* [date83:idbs] e que também são associados ao termo *lógico* em outros autores [parsaye89:idb]. Os modelos baseados em registros, o relacional, o em rede e o hierárquico, são considerados modelos esquemáticos.

Note-se, ainda, que alguns autores utilizam os dois termos de maneira intercambiável, ora com o nosso significado de *esquemático* [peckham88:acms], ora com nosso significado de *abstrato* [horak85:ieec].

Modelos de dados de baixo nível ou físicos provêem conceitos para a descrição de detalhes de como os dados ficarão armazenados, podendo ser inicialmente obtidos a partir de mapeamentos do nível externo, através de um mapeamento em modelos de dados esquemáticos, que escondem, ainda, alguns detalhes de armazenamento, mas que, às vezes, podem ser implementados de forma direta.

A arquitetura ANSI/SPARC permite a obtenção de dois tipos de independência de dados em relação a programas: a independência esquemática e a independência física. Além disso, outro tipo de independência de dados possível é o de diferentes usuários terem visões diferentes dos mesmos dados.

A hierarquia estabelecida pelos mapeamentos entre modelos de dados, na realidade, pode representar uma estratégia de desenvolvimento de uma base de dados para um domínio de interesse.

4.2. O Mapa de Categorização Abstrata

Para a apresentação do Mapa de Categorização Abstrata adota-se o primeiro dos três pontos de vista considerados na sua criação, ou seja, aquele dos níveis de abstração, começando pelo nível externo, passando pelo físico e finalizando pelo intermediário. Esta ordem facilita a discussão das idéias envolvidas.

Modelos de dados no nível externo estão mais próximos da percepção do domínio de interesse. Através deles, procura-se identificar elementos de informação, suas características e relacionamentos, sem a preocupação com qualquer tipo de atividade ou perfil dos usuários dos dados. Nos modelos de dados do nível físico são providos mecanismos que permitem e facilitam, em maior ou menor grau, a especificação dos elementos computacionais responsáveis pela manipulação dos dados. Os elementos computacionais são aqueles que estabelecem como se realiza o suporte às diferentes atividades dos usuários sobre os dados via computador.

Idealmente, através dos modelos de dados no nível intermediário é possível realizar uma adaptação dos elementos computacionais para os elementos de informação e vice-versa, preferencialmente através de mapeamentos que se iniciam no nível externo, de maneira abstrata, e gradativamente vão permitindo a transformação dos elementos de informação em especificações de implementação, ou seja, de maneira concreta no nível físico. Na prática, modelos de dados intermediários são os mais encontrados, oferecendo abstrações para elementos computacionais sem considerar os elementos de informação existentes no domínio de interesse.

A facilidade com que se realiza um mapeamento entre modelos de dados pertencentes a diferentes níveis de abstração depende dos mecanismos suportados pelos modelos de dados utilizados nos níveis superiores. Alguns destes mecanismos, denominados facilitadores de mapeamento, devem garantir algum tipo de adaptação dos elementos por eles especificados, através das abstrações existentes, para elementos mais detalhados, especificáveis por mecanismos de mais baixo nível de abstração, suportados por um modelo pertencente a um nível inferior imediato.

4.2.1. O Nível Externo

Modelos de dados no nível externo devem permitir a representação dos elementos de informação que são percebidos como interessantes no mundo alvo. Essa representação deve ser a mais fiel possível, devendo também ser compreensível por não especialistas. Não há preocupação com qualquer tipo de detalhe do mundo computacional, como as ligações que permitem a navegação através dos dados, por exemplo. No domínio de interesse não existem nós, ligações ou âncoras, estes elementos só devem começar a aparecer após se ter compreendido quais são os elementos de informação.

Correspondendo ao nível externo, modelos de dados idealmente devem estar de acordo com a Visão-T, proposta no Capítulo 3. Esta visão é usada como referência para a avaliação da capacidade de especificação de modelos de dados infológicos, estabelecendo para isso quatro dimensões para especificação de dados - conteúdo, comportamento, estrutura e restrições - através de três tipos de especificação - descrição, significado e delimitadores para percepção. No Mapa de Categorização Abstrata são consideradas as quatro dimensões da Visão-T, conforme é apresentado na Figura 4.3. Não há representação gráfica para os elementos de especificação.

ESTRUTURA	CONTEÚDO
COMPORTAMENTO	RESTRICÇÕES

Fig. 4.3. Nível Externo do Mapa de Categorização Abstrata

Uma modelagem resultante do nível externo deve procurar abranger o maior número possível de aspectos relacionados ao mundo sob investigação. Os aspectos estáticos, cobertos no quadrante estrutura, devem ser modelados através de categorias e instâncias de entidades que tenham suas características representadas por meio de atributos e relacionamentos e que possam ser referenciadas e manipuladas por meio de abstrações

estruturais. A cobertura adequada desse quadrante é conseguida através do uso de modelos de dados semânticos, como o modelo Entidade-Relacionamento [chen76:ermo] ou modelos comportamentais que permitem a obtenção do equivalente projeto de entidades.

Em relação ao quadrante comportamento, os aspectos dinâmicos comportamentais do domínio de interesse necessitam ser modelados. Eles representam os efeitos das mudanças decorrentes de eventos que podem ocorrer com as entidades descritas no quadrante estrutura, tais como alteração de características por causa da passagem do tempo ou de transformações ocorridas no domínio de interesse motivadas por processos. Modelos de dados comportamentais ou "statecharts", como em [harel97:ieeec], permitem esse tipo de modelagem, respectivamente na forma de funções computacionalmente orientadas que agem sobre os elementos estruturais e de conteúdo, e na forma de máquinas de estados finitos, representando estados e transições sujeitas à ocorrência de eventos, principalmente para sistemas reativos.

Na literatura examinada não existem modelos de dados orientados aos aspectos dinâmicos relacionados a restrições, cobertos no quadrante restrições. Esses aspectos dizem respeito a limitações, regras e políticas existentes no domínio de interesse que se aplicam às entidades, eventos e processos. Além disso, necessariamente dizem respeito à especificação de possíveis representações inválidas para os aspectos estrutural e comportamental, resultantes dos próprios mecanismos de representação. Ao mesmo tempo, percebe-se que é possível a representação desse tipo de aspecto, através de regras baseadas em lógica que estabeleçam invariantes além de pré e pós-condições. Os próprios mecanismos para descrição comportamental dos modelos comportamentais e dos "statecharts" podem ser usados nessa representação, apesar de não oferecerem abstrações apropriadas. O importante é ter essa representação devidamente integrada aos elementos estruturais e comportamentais.

O aspecto relativo ao registro de elementos de informação, cobertos no quadrante conteúdo, pode ser modelado através de abstrações que indiquem a maneira e a forma em que se fará esse registro. Tais abstrações correspondem ao conteúdo das descrições estruturais. Aqui também não se encontrou na literatura revisada modelos de dados com altos níveis de abstração para a devida cobertura do quadrante. No entanto, percebe-se a existência de inúmeros modelos de dados que permitem a modelagem do quadrante junto ao nível físico. Possivelmente, a análise de alguns destes modelos permita a criação de generalizações que sejam o núcleo de futuros modelos de dados infológicos orientados a conteúdo.

Não se deve esquecer que as descrições estabelecidas em cada quadrante necessitam ser acompanhadas do respectivo significado e dos delimitadores para percepção, os quais delimitam os elementos que vão ser utilizados posteriormente para apresentação e navegação.

Modelos de dados escolhidos em aderência à Visão-T, considerando o Mapa de Categorização Abstrata no nível externo, devem permitir a obtenção do equivalente ao usualmente denominado *esquema conceitual* em bases de dados, exclusivamente voltado para os elementos de informação do domínio de interesse.

4.2.2. O Nível Físico

O nível físico representa para a hipermídia a plataforma computacional, conjunto hardware e software, enquanto suporte para a realização das atividades que os diferentes usuários requerem ou podem necessitar. Existem tipos de usuários estabelecendo perfis diferentes. Essa plataforma tem a finalidade de prover vários tipos de serviços para atender qualquer solicitação para manipulação de dados. Em termos de modelagem, devem ser providos modelos de dados orientados a essa plataforma, de maneira a permitir a especificação e implementação das operações que satisfazem as solicitações dos usuários.

Em geral, percebe-se nos modelos revisados a cobertura de até dois serviços de manipulação, como pode ser observado no modelo R, com a exploração de mecanismos para navegação e apresentação de dados, e no modelo Premo, com a preparação e realização da exibição de dados. Já a arquitetura proposta por Steinmetz apresenta um conjunto maior de serviços para suporte à hipermídia, devidamente separados. A separação em tipos de serviços advém da marcante preocupação, existente em vários modelos de dados, de considerar isoladamente, de um lado, a especificação de como se deve realizar a apresentação e, de outro lado, os aspectos relacionados com organização estrutural e codificação usados no armazenamento^{IV.2}.

Como consequência, adotou-se como referência a arquitetura de Steinmetz para organizar o nível físico. Essa arquitetura é aqui estendida, através do princípio de separação, para outros assuntos relacionados à manipulação dos dados, como pode ser observado na Figura 4.4. Inicialmente, acrescentam-se serviços que correspondem à implementação de modelos orientados à *navegação, pesquisa, autoria e manutenção*. O serviço responsável pelo modelo de apresentação passa a ser denominado *percepção*, para englobar um número maior de mídias, não somente aquelas relacionadas à visão. O assunto *interação* passa a ser

^{IV.2} Exemplos de modelos que separam apresentação de estrutura e conteúdo são o padrão ODA [isois8613] e o modelo de referência Dexter. Ressalte-se que esses modelos têm uma ênfase datalógica.

considerado separadamente em relação à percepção. O modelo de manipulação é ampliado, considerando agora as necessidades de suporte aos demais serviços e não somente à atualização de dados, além disso, a denominação de seu respectivo serviço passa a ser *preparação*, para permitir que o termo manipulação seja usado para abranger todos os serviços. Separa-se também o suporte de representação em suporte para *intercâmbio* e suporte para *armazenamento*.

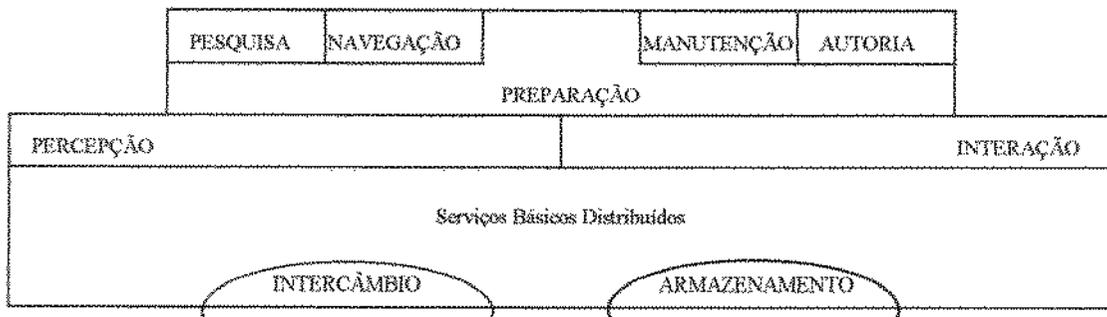


Fig. 4.4. Nível Físico do Mapa de Categorização Abstrata

Resumidamente, os serviços que aparecem na Figura 4.4 têm a correspondência aos modelos da arquitetura de Steinmetz conforme mostrado na Tabela 4.1.

Arquitetura de Steinmetz	Nível Físico do Mapa de Categorização Abstrata
Apresentação	percepção e interação
Manipulação	preparação
Representação	intercâmbio e armazenamento
Sem correspondência	pesquisa, navegação, manutenção e autoria

Tab. 4.1. Correspondência de serviços do nível físico

Elementos relacionados com um determinado serviço podem ser usados para suportar outros serviços, principalmente aqueles para preparação, percepção e interação. Ressalte-se que os outros serviços também podem oferecer suporte, como é o caso da existência de elementos de pesquisa para suporte à autoria ou elementos de navegação para suporte à manutenção. O serviço de percepção é destacado devido ao entendimento de que o que é percebido não se restringe apenas às descrições dos aspectos dos dados, mas inclui interfaces com os usuários para os demais serviços. O mesmo acontece com a interação.

Pode-se argumentar que o suporte para percepção e interação seja realizado por ferramentas específicas que suprem as interfaces e, portanto, não necessitam ser modeladas. Porém, o que se percebe cada vez mais é o desenvolvimento de aplicações integrando os diversos serviços e que o fazem de maneira adaptada às necessidades e perfis dos usuários.

O serviço de preparação é outro serviço de apoio aos demais serviços devido à sua característica de tratamento direto dos aspectos dos dados, tal como recuperação de partes do conteúdo para percepção ou da descrição estrutural para a pesquisa.

Todo serviço que suporte outro serviço compreende uma interface entre ele e cada um dos serviços suportados. Essas interfaces correspondem ao papel atribuído às interfaces "ancoragem" e "especificação de apresentação" no modelo de referência Dexter^{IV.3}. No Mapa de Categorização Abstrata essas interfaces não são representadas.

Cada serviço no nível físico representa um conjunto de operações realizáveis sobre os dados. Para cada serviço é interessante o estabelecimento de modelos especialmente orientados e cuja independência permite a obtenção de flexibilidade para a composição das partes de uma aplicação. Em seguida estes serviços são melhor caracterizados.

a. Serviços básicos em plataformas distribuídas

Plataformas distribuídas tais como CORBA, Common Object Request Broker Architecture [omg97:corba], oferecem vários serviços básicos distribuídos, entre os quais encontram-se equivalentes aos serviços de intercâmbio e armazenamento que podem ser chamados por aplicações ou por outros serviços orientados a domínios de aplicação, como é o caso da hiperídia, oferecendo eficiência e transparência [ricarte96:towa].

Além do serviço de intercâmbio de dados, inerentemente distribuído, o serviço de armazenamento é melhor suportado de maneira distribuída. Isto porque uma estratégia importante para o armazenamento de dados multimídia é que não se deve restringir os dados a um repositório central, pois cada tipo de mídia pode ser melhor suportado por servidores especializados [tobar95:mult]. Além disso, dados em algumas das mídias contínuas podem ser melhor recuperados se estiverem distribuídos, de maneira a permitir a exploração do paralelismo de operações sobre dispositivos de armazenamento.

Considerando o uso de uma plataforma distribuída, os serviços de intercâmbio e armazenamento para hiperídia são os mesmos dos serviços básicos distribuídos. Apesar de

^{IV.3} Embora no modelo de referência Dexter as interfaces entre os níveis "runtime" e "storage" e entre este e "within-component" denotem uma transição completa entre o nível de abstração do modelo e os detalhes de implementação, é bom notar que essa cobertura é só parcial, conforme pode ser melhor apreciado na análise de categorização do modelo Dexter existente no Apêndice B.

poderem ser ativados diretamente pelos usuários, em princípio são ativados apenas quando necessário e de maneira transparente para o usuário.

O serviço de intercâmbio compreende os recursos para a transmissão de dados ou solicitações de maneira distribuída. Este serviço também suporta os demais serviços que necessitam de seus recursos. Similarmente, o serviço de armazenamento é responsável por recursos que permitem o armazenamento persistente de dados, bem como sua recuperação. Pode-se dizer que ambos os serviços são responsáveis pela disponibilização de dados. Apesar das similaridades, os serviços utilizam tecnologia diferente para hardware e software, devendo ser, como de fato são, suportados por modelos de dados específicos para intercâmbio ou armazenamento que permitem estabelecer como os dados devem ser representados para melhor serem operados.

b. Serviço de autoria

Para efeitos desta discussão adota-se o termo autoria abrangendo todos os passos necessários ao desenvolvimento de aplicações com hipermídia. Entre tais passos encontram-se a captura ou geração de conteúdo, a composição e a arte final dos resultados. Diferentemente, Ginige [ginige95:ieeemm] utiliza o termo autoria para denotar especificamente composição. O serviço de autoria se refere ao processo de desenvolvimento de componentes de informação.

O serviço de autoria suporta a atividade na qual efetivamente se faz uso dos modelos de dados para hipermídia. Assim sendo, projetistas, fazendo uso deste serviço, preocupam-se com as modelagens de todos os demais serviços.

Diversos tipos de ferramentas de software podem suportar e ajudar a captura, planejamento, projeto, implementação, teste e manutenção de componentes de informação; cada ferramenta utiliza os seus próprios modelos de dados. Entre as diversas atividades relacionadas à autoria citam-se:

- A captura que se refere à aquisição e codificação de dados em formatos digitais, em geral padronizados, e a como um elemento de informação é armazenado, uma vez capturado como componente multimídia. Para esta atividade utilizam-se modelos de dados orientados à codificação de conteúdo e ao armazenamento.
- A especificação da estrutura do componente de informação, bem como de seu comportamento e de suas restrições. Para essas definições costuma-se utilizar modelos de dados tradicionais, através dos quais deve ser possível representar

objetos derivados e não derivados e seus relacionamentos [gibbs94:data], apesar de não totalmente adequados como discutido no Capítulo 2.

- A exibição dos dados em formato adequado para permitir a percepção de informação e que requer o uso de modelos de dados orientados à percepção, os quais incluem assuntos de projeto de "interface" compreendidos como "publishing"^{iv.4}; tais como forma de disposição, cores e fontes, além de algum tratamento ao conteúdo capturado ou gerado.
- A definição das maneiras que um componente de informação pode ser exibido, denominadas visões alternativas, e que são devidas a questões que envolvem segurança ou restrições para a exibição de um dado, limitação ou não disponibilidade de recursos no ponto de exibição, seletividade ou escolha do usuário ou problemas diversos que podem ocorrer durante a exibição. Para isso, são necessários modelos de dados orientados à manutenção e à manipulação. Pode haver, ainda, a necessidade de manipulação de diferentes componentes de informação cujos dados representam a mesma informação e, portanto, devem ser mantidos de maneira coesa. Estes componentes são denominados *interpretações*.

Uma modelagem de dados diretamente relacionada ao serviço de autoria compreende assuntos relacionados à engenharia de software, além daqueles peculiares à hiperímídia. Por exemplo, gerência de configuração para a especificação de parâmetros para os recursos de utilização, controle e gerência de reuso de elementos modelados, em adição à manipulação de interpretações. Além disso, para a autoria é importante a possibilidade de armazenamento de objetos incompletos. Aqui, também, recursos para utilização, controle e gerência desse tipo inacabado de dados necessita ser especificada. Políticas de configuração de dados e de verificação e validação necessitam ser estabelecidas para objetos completos. Com relação a trabalho colaborativo assistido por computador, políticas e regras também são necessárias para o adequado funcionamento de projeto colaborativo. A própria escolha de quais modelos de dados serão usados e como estes se integram para o desenvolvimento de componentes de informação devem ser considerados, além da decorrente preparação de ferramentas.

c. Serviço de percepção

Os serviços de navegação e percepção, em geral, são tratados em conjunto na literatura, como ocorre na visão de Rutledge [rutledge96:eval] quanto à semântica agregada às ligações, que pode ser categorizada em três áreas: hiperligação, localização e escalonamento. Isto se deve à correspondência da navegação ao hipertexto e da percepção à

multimídia, componentes da hipermídia. No entanto, estes devem ser tratados independentemente, devido a não serem os únicos serviços de suporte à manipulação de hipermídia e às suas caracterizações serem bem distintas. Segundo Schwabe [schwabe95:abst], a separação dos modelos de apresentação e navegação permite a construção de diferentes interfaces para a mesma modelagem de navegação.

Percepção se refere à exibição do dado; mais especificamente, à exibição de um elemento de descrição componente do dado. Esta exibição ocorre por meio de diferentes dispositivos de hardware, tais como monitor de vídeo, alto-falantes, impressora ou atuadores de vários tipos, dependendo da mídia envolvida. Pode abranger o suporte à sincronização temporal e espacial, além dos detalhes de exibição, tais como cor e tipos para texto e imagem ou volume e qualidade para som ou fala.

A necessidade de sincronização é devida a relações dependentes de tempo, tal como a de componentes de dados formando um fluxo necessitarem ser exibidos ao usuário dentro de um intervalo de tempo, por causa da característica contínua do dado. Ao contrário de sistemas de bases de dados de tempo-real, nos quais "deadlines" são associadas a transações individuais, dados com características temporais têm "deadlines" periódicos [karmouch96:ieeemm].

Algumas exibições podem, ainda, envolver dados de tipos distintos, passíveis de estarem armazenados separadamente. Para que seja possível uma exibição perceptivelmente adequada, há a necessidade de recuperação de dados, em particular iniciando e terminando de várias fontes, e de sincronização das fontes ativadas. Isto porque, devido a latências imprevisíveis do sistema, dados de vídeo e áudio tendem a apresentar "jitter", variação de atrasos, requerendo nova sincronização para regularização.

Então, a modelagem de percepção deve permitir a especificação dos sincronismos temporais e espaciais, além dos aspectos de exibição. Mas, deve propiciar também a oportunidade de se definir políticas relacionadas à disponibilização dos dados, "buffers", tolerância de erros e políticas de escalonamento, entre outros. No entanto, prefere-se que os assuntos relacionados com políticas sejam cobertos pelos demais serviços de suporte, em especial, pela preparação e pela manutenção.

IV.4 "Publishing" se refere à produção e arte final de material com informação, tal qual uma revista, jornal, disco ou filme.

d. Serviço de navegação

O serviço de navegação permite ao usuário percorrer os dados através de mecanismos que estabelecem variados tipos de associação entre elementos de descrição de dados, conforme discutido e detalhado no Capítulo 5.

Entre os mecanismos para navegação, existem alguns que oferecem poderosas abstrações através das quais projetista e usuário realizam suas atividades mais facilmente. Para a implementação dessas abstrações, requer-se modelagens com baixos níveis de abstração que se baseiem em mecanismos mais simples. Isto pode se realizar utilizando-se de ligações, âncoras e perspectivas, provendo maneiras para a ativação das primeiras, em relação às demais. Para que o projeto seja adequado para esses elementos, são necessários diagramas de representação, um sistema de localização de descrições e em descrições, além de formas de resolver especificações de localização ou mesmo de busca.

A ativação de uma ligação deve obedecer uma semântica de navegação [garzotto93:tois], que pode tanto estar especificada como ser determinada em função de eventos externos, tais como o perfil do usuário ou a configuração do equipamento de exibição ou ambos. A ativação é, ainda, dependente da resolução de eventuais restrições especificadas para a ligação. São necessários esquemas para representação da semântica de navegação, bem como para restrições.

O serviço de navegação também necessita de recursos para que o usuário possa enfrentar o problema de "perdidos no espaço" [bra94:form]. Estes recursos requerem esquemas para representação dos caminhos que foram e podem ser percorridos pelo usuário, além da criação dinâmica de ligações, âncoras e perspectivas cujas especificações não existiam, mas que se fazem necessárias em função do contexto de navegação em que o usuário se encontra a cada instante.

O serviço de navegação pode ser considerado como central em um sistema hipermídia, necessitando do suporte dos outros serviços, principalmente percepção, interação e preparação.

e. Serviço de interação

O serviço de interação é um serviço tipicamente de suporte que compreende os mecanismos que o usuário usa para especificar qualquer tipo de solicitação aos demais serviços. Em termos de hipermídia, o suporte à interação é um aspecto opcional que envolve dispositivos específicos, tais como de indicação ("mouse", luvas ou dedo em "touch screen") ou reconhecedores de voz e teclados.

Os serviços de interação e de percepção estão muito relacionados pois se complementam a partir do ponto de vista do usuário. No entanto, interação envolve entrada, validação e reconhecimento de contexto dos dados fornecidos pelo usuário, além de fornecimento de alguns dados ao serviço de percepção para exibição ao usuário.

O serviço de interação suportando o de percepção pode oferecer a opção de exibição linear de mídia contínua, "play", além de outras opções de exibição desejáveis: "backward", "fast-forward", "fast-backward" e acesso direto. Embora comuns em outra tecnologia como em VCRs, essas opções são difíceis de conseguir na presença de armazenamento digital não seqüencial, compressão de dados, distribuição e atrasos aleatórios de comunicação [bera92:issue], além de poderem requerer taxas variadas para o mecanismo de recuperação e para o mecanismo de transporte e comunicação. Tais assuntos devem ser tratados através do serviço de preparação, cujas políticas podem ser estabelecidas através do serviço de manutenção.

O serviço de interação suportando navegação deve permitir ao usuário a seleção de âncoras, porém de maneira bem mais elaborada do que aquilo que é oferecido hoje pelos sistemas hiperfídia existentes. Deve ser possível em imagens, vídeos e áudios a indicação de elementos perceptíveis para a ativação de ligações que ofereçam informação adicional sobre os mesmos. Por exemplo, deve ser possível, durante a exibição de um filme, a indicação de um dos atores para se conseguir informação sobre a pessoa e sobre o personagem. Para isso, novas abordagens de seleção interativa são necessárias. Um exemplo desse tipo de abordagem nova é o "hypervideo" [sawhney97:ieeemm].

Para o serviço de pesquisa, o suporte dado pelo serviço de interação deve permitir ao usuário criar consultas "ad hoc", através de uma linguagem de consulta, bem como realizar pedidos nem sempre bem formados ou completos. Além disso, outros mecanismos de busca são necessários, tais como "browsers" e índices que se expandem.

Uma modelagem correspondente ao serviço de interação abrange assuntos tais como escolha do mecanismo de interação, tempo de resposta, tratamento de exceções, validação de dados, tratamento de dados, etc.

f. Serviço de preparação

O serviço de preparação pode ser imaginado como uma central de controle responsável pela chamada e articulação dos demais serviços, objetivando a satisfação de requisitos computacionais tais como armazenamento não volátil, tempo-real, transações, uso de recursos e tratamento de exceções.

é uma linguagem de consulta para hipermídia é uma questão em aberto [pazandak97:ieeemm]. Linguagens de consulta têm sido estendidas para permitir consultas estruturadas, nas quais se utilizam especificadores para a recuperação de caminhos, ligações e caminhos fechados em uma hiperestrutura [beeri90:logic].

Ao mesmo tempo, outros tipos de indexação se fazem necessários, tal como a recuperação por conteúdo, que pode ter significados diferentes para diferentes pessoas, obrigando a apresentação de níveis de adequação ao que foi consultado. Consultas podem também ser direcionadas à recuperação por similaridade, através de concordâncias totais ou parciais dos predicados estabelecidos pelo usuário. Deve ser possível o uso de consultas usando lógica de conjuntos nebulosos ("fuzzy"), que permitam inclusive reformulação baseada no resultado de consultas prévias [adjeroh97:ieeemm]. Outras possibilidades para o usuário são a utilização de redes de inferência e "browsers" de diversos tipos, como hierárquicos ou semânticos.

Uma modelagem para o serviço de pesquisa compreende a especificação dos mecanismos que permitem ao usuário consultar e pesquisar os diferentes aspectos dos dados, além do estabelecimento da infra-estrutura de pesquisa e consulta, tal como dicionários de palavras-chave, sinônimos, taxonomias, níveis de subjetividade, ontologias e "templates" para classificação de conteúdo e estabelecimento de formas ou padrões.

4.2.3. O Nível Intermediário

Modelos de dados no nível intermediário devem suportar mecanismos que permitem a introdução de elementos abstratos e computacionalmente orientados que não se relacionam diretamente com domínios de interesse, mas que necessitam resultar de adaptações dos elementos de informação.

O interesse no nível intermediário recai sobre os mecanismos que permitem a especificação das operações computacionalmente orientadas em alto nível de abstração, como elementos para navegação através de dados tais como índices ou "tours"^{IV.6}. Considera-se que os elementos resultantes de mecanismos com alto nível de abstração tenham que ser mapeados para elementos especificáveis através de mecanismos com baixo nível de abstração para poderem realizar as operações desejadas, no caso dos índices e "tours", em conjuntos de ligações e âncoras. Inclusive, pode ocorrer desse mapeamento poder ser

^{IV.6} Um "tour" corresponde à exibição seqüencial das perspectivas, considerando a existência de recursos para o usuário indicar a próxima, a anterior, o início ou o fim do "tour". Alguns modelos de dados orientados à navegação oferecem primitivas específicas para a especificação desse tipo de roteiro de navegação, por exemplo, OOHDMM e RMM.

realizado sobre software de alto nível de abstração ou mesmo sobre elementos do sistema operacional no nível físico, ou ainda sobre elementos de modelos de dados.

O nível intermediário encontra-se dividido em dois para permitir localizar modelos de dados e seus mecanismos de acordo com a influência exercida pelo nível externo, resultando no subnível abstrato, ou pelo nível físico, resultando no subnível concreto. Uma subdivisão semelhante é proposta por Navathe [navathe92:cacm] para o nível externo da arquitetura ANSI/SPARC, compreendendo especificação não sistêmica e modelo de implementação.

No subnível abstrato são consideradas as modelagens orientadas, de maneira isolada, a um dos serviços computacionais. Caso se considerem mapeamentos de modelos infológicos, o momento da produção de modelagens intermediárias abstratas representa o primeiro momento em que se considera assuntos computacionais, através de mecanismos com alto grau de abstração que tratam da *abrangência dimensional* (Definição 24) do que vai ser modelado para o serviço em questão, em relação a uma ou mais das dimensões cobertas no nível externo.

Definição 24 *A abrangência dimensional* corresponde a quais dimensões da Visão-T, estrutura, comportamento, conteúdo e restrições, são consideradas por um modelo de dados orientado a determinado serviço no subnível intermediário abstrato.

Por exemplo, considerando o serviço de navegação, realizam-se modelagens para a definição de ligações ou elementos mais poderosos para navegação, tais como contextos [schwabe95:abst]. Para isso, utilizam-se os delimitadores para percepção definidos na modelagem infológica, estabelecendo se as conexões vão ocorrer na mesma dimensão ou entre dimensões distintas, além de outras características mais próximas ao nível externo do que ao nível físico, tais como cardinalidade e direção.

No subnível concreto são consideradas modelagens em que a abrangência dimensional e o serviço relacionado já foram estabelecidos, tendo sido identificados ou preestabelecidos elementos com alto nível de abstração que suportam o respectivo serviço.

Cada elemento anteriormente identificado é transformado através da agregação de características determinadas pela influência de cada um dos demais serviços computacionais, como ocorre com a semântica de navegação.

Por exemplo, ainda considerando o serviço de navegação, cada ligação identificada através de um modelo de dados intermediário e abstrato pode ter agregadas as seguintes características, resultantes da influência de alguns dos serviços computacionais:

- percepção, escolher como deve ser tratado o destino da ligação, se é uma transclusão^{IV.7}, uma substituição ou um novo elemento que deve ser considerado quando da ativação da ligação;
- interação, se a ativação da ligação deve ser ocasionada pelo usuário ou pelo sistema;
- preparação, se a especificação da ligação encontra-se interna ou externa à descrição; e se as âncoras destino fazem parte de um grupo de âncoras que deve ser manipulado em conjunto;
- pesquisa, se as âncoras destino devem ser localizadas através de consultas.

O nível intermediário é apresentado como um conjunto de quadrados na Figura 4.5 resultante de projeções realizadas a partir dos serviços considerados no nível físico e a partir dos quatro quadrantes do nível externo. As projeções dos serviços considerados produzem colunas para salientar a separação dos assuntos relacionados com percepção, pesquisa, navegação, preparação, manutenção, autoria e interação. As projeções das dimensões da Visão-T dividem cada interseção de um serviço com o subnível de abstração em quatro quadrantes. O da esquerda superior (a) relacionado com estrutura, o da direita superior (b), com conteúdo, o da esquerda inferior (c), com comportamento, e o da direita inferior (d), com restrições.

NÍVEL INTERMEDIÁRIO

(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	ABSTRATO
PERCEPÇÃO	PESQUISA	NAVEGAÇÃO	PREPARAÇÃO	MANUTENÇÃO	AUTORIA	INTERAÇÃO	(c)	(d)	(c)	(d)	(c)	(d)		
(c)	(d)	(c)	(d)	(c)	(d)	(c)	(d)	(c)	(d)	(c)	(d)	(c)	(d)	
(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	CONCRETO
PERCEPÇÃO	PESQUISA	NAVEGAÇÃO	PREPARAÇÃO	MANUTENÇÃO	AUTORIA	INTERAÇÃO	(c)	(d)	(c)	(d)	(c)	(d)		
(c)	(d)	(c)	(d)	(c)	(d)	(c)	(d)	(c)	(d)	(c)	(d)	(c)	(d)	

Fig. 4.5. Nível Intermediário do Mapa de Categorização Abstrata

Uma modelagem produzida por um modelo de dados no subnível intermediário concreto corresponde ao usualmente denominado *esquema de implementação* em bases de dados, enquanto que no subnível intermediário abstrato corresponderia ao usualmente

^{IV.7} Transclusão é um termo que significa que o destino de uma ligação, sendo constituído por um conteúdo externo ao documento em exibição, parece fazer parte do documento onde está a origem dessa ligação quando de sua exibição.

denominado *esquema externo* em bases de dados, estabelecendo visões das modelagens obtidas no nível externo, através da incorporação de elementos computacionais abstratos.

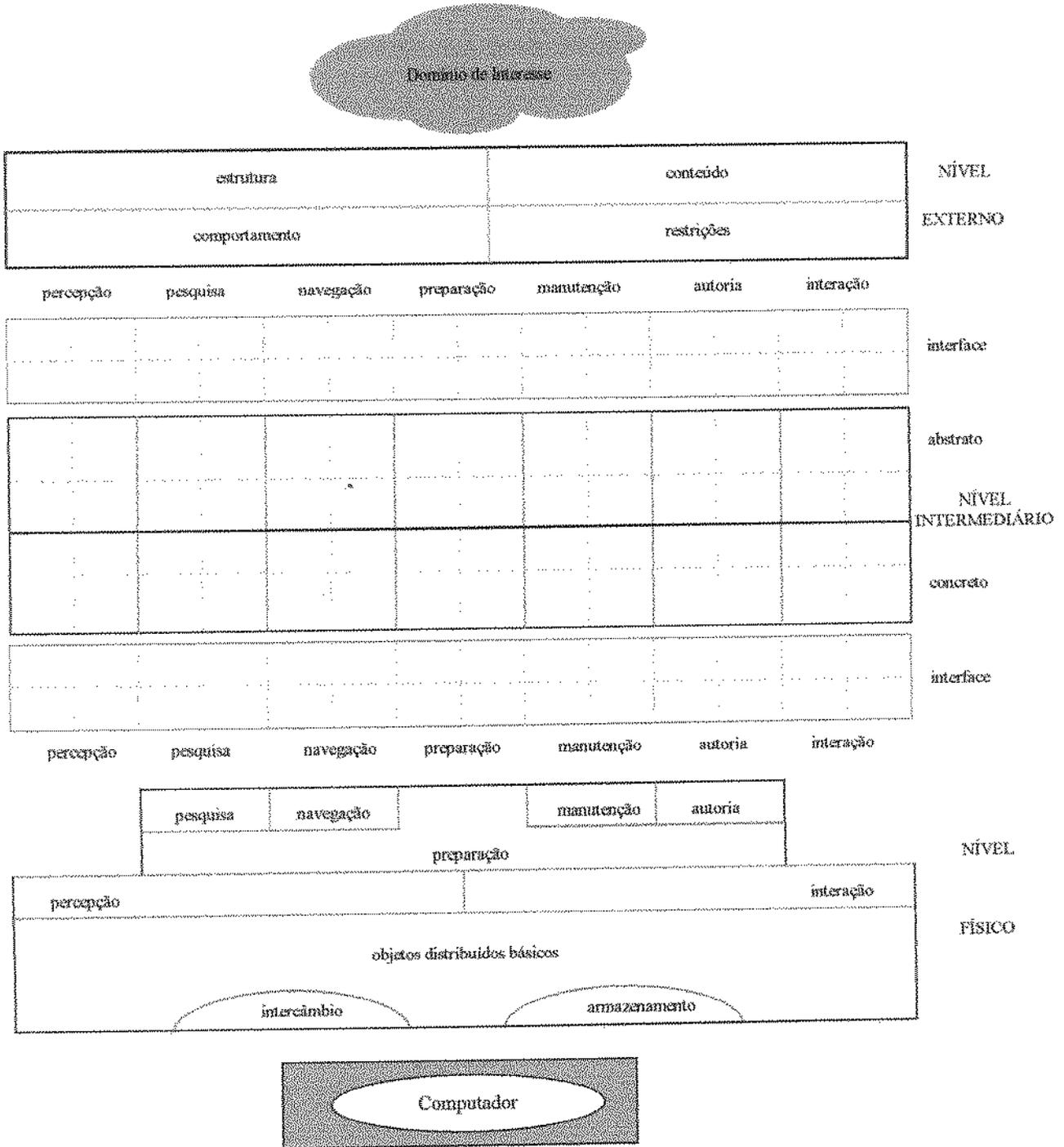


Fig. 4.6. O Mapa de Categorização Abstrata

4.2.4. A Visão Completa do Mapa de Categorização Abstrata

Na Figura 4.6 são apresentados os três níveis anteriormente discutidos juntamente com interfaces entre o nível externo e o intermediário, e entre este último e o físico, compondo o Mapa de Categorização Abstrata.

Os serviços mostrados na parte superior do nível físico são projetados em direção à parte de cima do Mapa de Categorização Abstrata através do nível intermediário e de suas interfaces, de maneira a indicar que podem existir mecanismos de maior nível de abstração relacionados aos serviços. Os serviços de intercâmbio e armazenamento não são projetados como os demais serviços de preparação, primeiro porque necessitam de poucos mecanismos com alto nível de abstração para serem ativados e, segundo, porque, nos modelos de dados conhecidos orientados a eles, a preocupação é apenas com assuntos de codificação, ou seja, não há cobertura de outro serviço.

A abrangência da Visão-T, simbolizada pelos quatro quadrantes no nível externo, é projetada em direção ao nível físico no Mapa de Categorização Abstrata através do nível intermediário, apesar de estar direcionada a modelos infológicos. Os quatro quadrantes aparecem em cada coluna do nível intermediário e de suas interfaces, correspondendo às projeções das dimensões, para permitir a indicação da consideração dos diferentes quatro aspectos na adaptação de elementos de informação às características de elementos computacionais do nível físico nos diferentes níveis de abstração.

Em cada quadrante intermediário, como também ocorre no nível externo e no físico, pode ser considerada a sofisticação dos mecanismos de um modelo sob análise, que facilitam o trabalho de projeto de dados, considerando o respectivo serviço e o respectivo aspecto. Se tais mecanismos existem, é realizada uma marcação no quadrante correspondente; além disso, se estes mecanismos exercem o papel de facilitadores de mapeamentos entre modelos de níveis de abstração distintos, a sua existência é apresentada no correspondente quadrante da respectiva interface.

A interface entre os níveis externo e intermediário, que é apresentada na Figura 4.7, permite a representação da existência e da sofisticação de mecanismos facilitadores para o mapeamento de uma modelagem externa para uma intermediária. A divisão da interface é, na realidade, um espelho da divisão de cada um dos subníveis do nível intermediário, e representa os diversos serviços computacionais; por exemplo, o serviço de navegação visto na Figura 4.7 (a). A divisão da projeção de cada serviço apresenta os quatro quadrantes do nível externo de maneira a permitir a indicação da dimensão apropriada para os facilitadores de mapeamento destacados na Figura 4.7 (b).

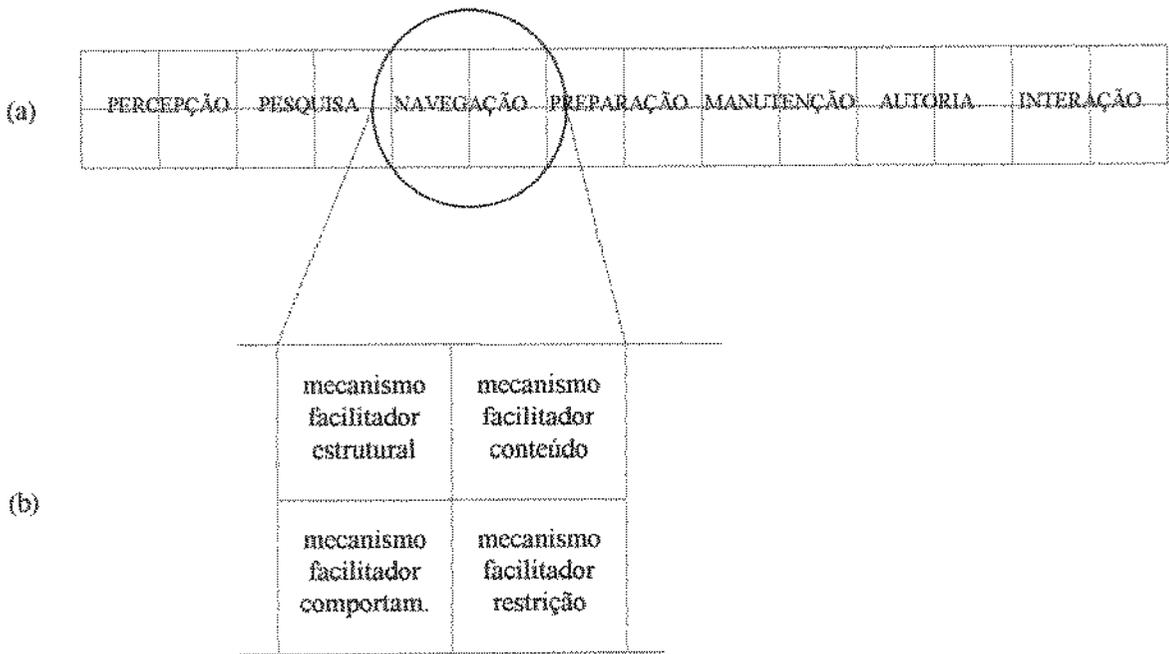


Fig. 4.7. Interface do Mapa de Categorização Abstrata

Existe, também, uma interface entre o nível intermediário e o nível físico com um papel similar à interface anteriormente mencionada, porém para indicação de facilitadores entre modelos de dados intermediários e físicos.

Apesar de se considerarem modelos em cada um dos subníveis do nível intermediário, não há interface entre os mesmos devido ao entendimento de que não ocorrem grandes transformações dos elementos já modelados ou a introdução de novos tipos de elementos durante mapeamentos de modelos existentes entre eles. Ocorre, sim, detalhamento de elementos.

4.3. Resumo e Constatações

O Mapa de Categorização Abstrata tem dois grandes objetivos:

- 1) Permitir a comparação da existência e do nível de abstração de mecanismos para modelagem de dados com hipermídia, encontrados em modelos de dados isolados, existentes em padrões para estruturação de documentos ou usados em metodologias para desenvolvimento de sistemas de informação. Uma análise comparativa mais completa está fora do escopo do trabalho. O principal interesse está relacionado com níveis de abstração, serviços de manipulação de dados hipermídia e dimensões de especificação de dados.
- 2) Servir como um arcabouço de referência para o desenvolvimento de modelos de dados orientados ao suporte de sistemas de informação com hipermídia. Apesar do

Mapa de Categorização Abstrata estar orientado a sistemas de informação com hipermídia, nada impede que seja usado para análise de modelos de dados convencionais.

A realização de modelagens e mapeamentos através de diversos níveis de abstração é bastante interessante e promissora, embora possa ser trabalhosa. Por um lado, os mapeamentos entre modelos de dados estabelecem uma estratégia de desenvolvimento bastante similar àquelas consagradas na engenharia de software, denominadas de "passo a passo" ou "top down". Por outro lado, conforme explorado na Seção 4.2, os enfoques diferentes e separados nos níveis e dos níveis de abstração permitem a obtenção de independência de dados, no sentido de ser possível tratar diferentemente assuntos distintos e a obtenção de diferentes modelagens de mais baixo nível que podem ser orientadas a aplicações distintas, a partir de uma mesma modelagem com abstrações de alto nível.

Constata-se também que o Mapa de Categorização Abstrata compreende as características, essencialmente operacionais, estabelecidas para sistemas hipermídia de terceira geração [halasz88:cacm]:

- considerando a visão operacional do nível físico, percebe-se que a integração das funcionalidades de busca e consulta ocorre no serviço de pesquisa; versões de nós e subgrafos são suportados pelo serviço de autoria; e o suporte para trabalho cooperativo é realizável através dos serviços de autoria, preparação e manutenção;
- computação sobre redes de hipermídia, tipos de nós compostos, estruturas virtuais e coleções de nós são realizáveis através de modelos de dados, a partir do nível intermediário, que sejam mapeáveis a modelos de dados do nível físico;
- extensibilidade e adaptação ao usuário ("customization"), ou seja, estabelecimento das funcionalidades que são necessárias ou são do desejo do usuário, são decorrentes de todos os serviços disponíveis no nível físico, caso estes suportem adequadamente mapeamentos de mecanismos abstratos dos níveis externo e intermediário.

Através do Mapa de Categorização Abstrata é possível observar quão abrangente deve ser um ambiente para suporte de hipermídia. No entanto, não é intenção estabelecer qualquer tipo de metodologia através do mapa, mas apenas criar um arcabouço que sirva de parâmetro para uma análise de abrangência de modelos de dados.

Na realidade, é possível encontrar bons, senão excelentes, modelos de dados que podem ser encaixados em vários dos quadrantes que compõem os níveis externo e

intermediário. É possível também encontrar metodologias de autoria que enfocam alguns dos serviços de manipulação, mas são incompletas em relação a uma cobertura completa orientada a um dos serviços. As razões para essa situação necessitam ser investigadas. Assim, algumas questões são formuladas:

- Será possível integrar alguns dos bons modelos de dados de maneira a obter uma cobertura completa, seja orientada a um determinado serviço, seja orientada a um nível de abstração?
- Existe algum modelo de dados para alguns dos quadrantes, principalmente aqueles localizados nos cruzamentos dos serviços de pesquisa, preparação e manutenção, além daqueles das dimensões de comportamento e de restrições?
- Existe algum modelo de dados destinado à exploração de componentes de informação individuais?
- Sabendo que a ênfase nos modelos de dados existentes é computacional, deve-se despendar esforço na criação de modelos de dados abstratos para hiperfídia?
- Qual a abrangência das ferramentas comercialmente disponíveis, considerando o Mapa de Categorização Abstrata?
- Quais mecanismos nos modelos de dados existentes podem ser considerados facilitadores de mapeamento?

Esta formulação está sendo considerada para o estabelecimento de novos assuntos de pesquisa e desenvolvimento, como forma de trabalhos futuros atrelados às propostas aqui apresentadas.

Com relação à subdivisão do nível intermediário, note-se que a proposta está baseada na exploração do serviço de navegação e no sentimento de que o que ocorre para esse serviço deve ocorrer para os demais. Há, então, necessidade de se explorar as influências da abrangência dimensional e dos próprios serviços computacionais sobre cada um dos demais serviços, principalmente objetivando a identificação de facilitadores de mapeamento.

O Mapa de Categorização Abstrata pode ser aperfeiçoado através da introdução de uma representação para a existência de elementos relativos a um determinado serviço que suportam outros serviços.

No capítulo seguinte apresenta-se como se indica a existência e a sofisticação dos mecanismos de especificação de modelos de dados nos três níveis básicos de abstração: externo, intermediário e físico; nas interfaces entre os três níveis básicos; nos subníveis

abstrato e concreto do nível intermediário; nos quatro quadrantes da Visão-T que aparecem em todos os níveis e interfaces, exceto no nível físico; e nos serviços para manipulação de dados hipermídia considerados e que aparecem em todos os níveis e interfaces, exceto no nível externo. Além disso, apresentam-se critérios para a realização de categorizações e a categorização de duas metodologias de autoria a título de exemplo.

5. O USO DO MAPA DE CATEGORIZAÇÃO ABSTRATA

Neste capítulo é exemplificado o uso do Mapa de Categorização Abstrata através da categorização das metodologias OOHDM e RMM, cuja revisão encontra-se no Apêndice A. Além disso, são tecidas considerações quanto a como foram realizadas as categorizações, quais orientações e critérios de classificação foram usados e a quais tipos de atividade e perfil de profissional o mapa deve oferecer suporte.

A escolha das metodologias OOHDM e RMM se deve a ambas constituírem grupos integrados de modelos bastante representativos. Além da categorização destas, outra é apresentada no Apêndice B, ilustrando o uso do Mapa de Categorização Abstrata para modelos isolados ou fracamente abrangentes em relação à ocupação do mapa.

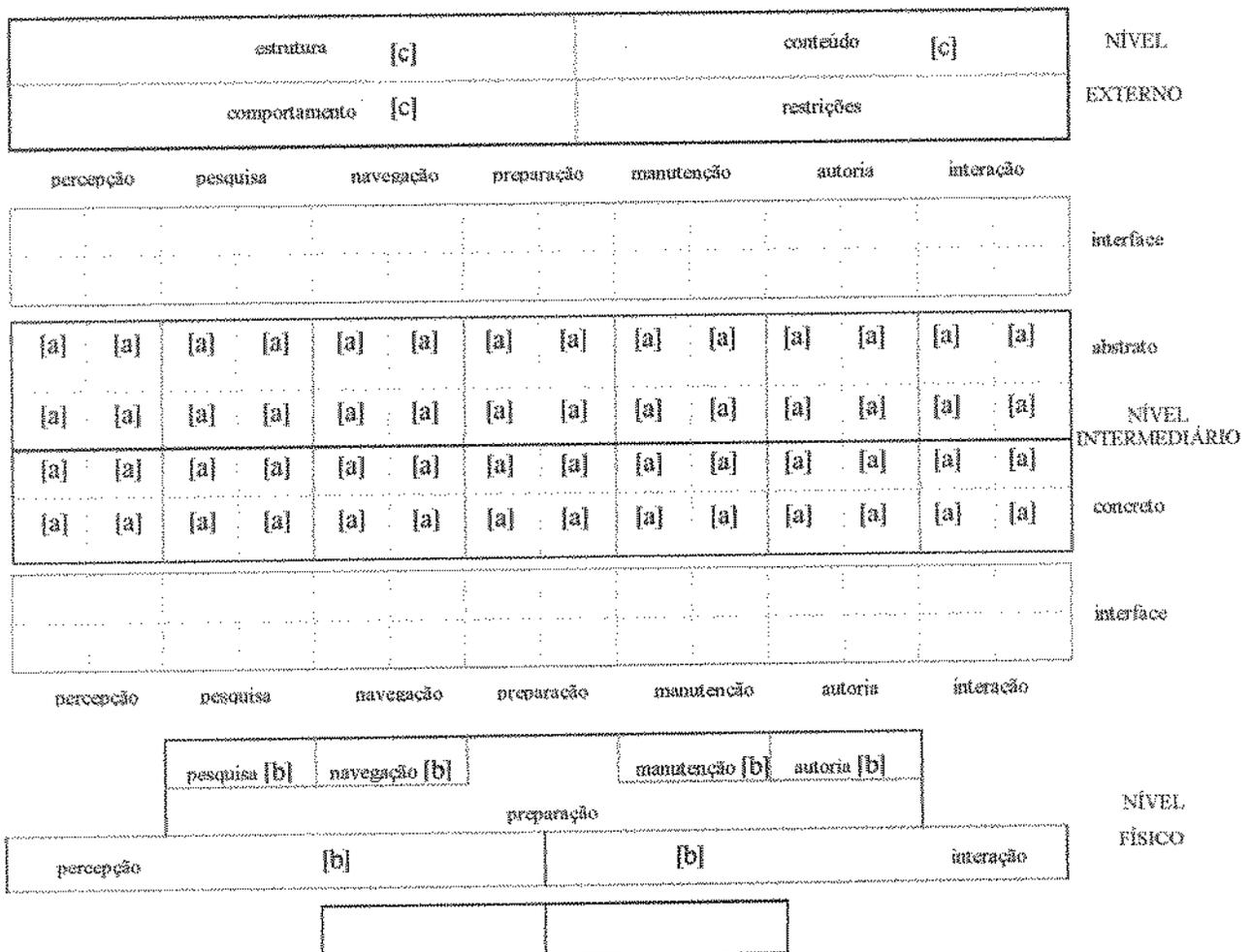


Fig. 5.1. Áreas de ocupação no Mapa de Categorização Abstrata

5.1. Notação Gráfica para uma Categorização

O Mapa de Categorização Abstrata é um instrumento que permite visualizar graficamente a existência e a sofisticação dos mecanismos de especificação existentes em modelos de dados.

A existência de mecanismos no mapa é representada pela ocupação do quadrante referente ao aspecto coberto pelo mecanismo, tomando-se como referência o respectivo serviço computacional e o seu nível de abstração. É possível a indicação da existência de mecanismos em qualquer das partes do mapa: em qualquer quadrante do nível intermediário (indicação [a] na Figura 5.1); em qualquer dos serviços de suporte no nível físico (indicação [b] na Figura 5.1); em qualquer dos quatro aspectos da Visão-T no nível externo (indicação [c] na Figura 5.1); e também nos serviços distribuídos de intercâmbio e armazenamento no nível físico (indicação [d] na Figura 5.1).

A indicação de existência em um quadrante é realizada através do preenchimento do quadrante e significa que o modelo de dados sob categorização provê um ou mais mecanismos para o aspecto, serviço e nível de abstração associados. Recomenda-se que, juntamente à representação gráfica, sejam anexadas justificativas por escrito para complementar a informação existente no mapa.

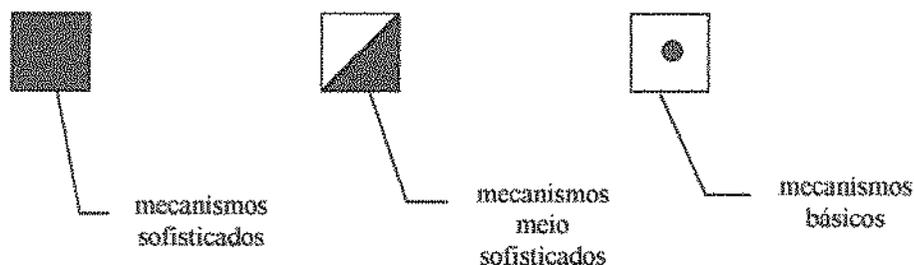


Fig. 5.2. Indicação do poder de sofisticação de mecanismos

Uma escala foi adotada para a indicação de sofisticação: básico, meio sofisticado e sofisticado. A diferenciação gráfica para o grau de sofisticação de mecanismos é apresentada na Figura 5.2, na qual para efeito de comparação foi utilizado um conjunto de quadrantes. O padrão e o espaço de preenchimento do quadrante representam a sofisticação. Nessa figura não há conotação alguma com os aspectos da Visão-T.

As duas interfaces existentes entre os três níveis de abstração do Mapa de Categorização Abstrata também podem conter indicações de existência de mecanismos que representam facilitadores de mapeamentos entre modelos de dados (indicação [e] na Figura 5.1).

Somente o grau de sofisticação do facilitador de mapeamento deve ser indicado graficamente na interface. Assim, pode ocorrer que uma indicação existente em um quadrante do nível externo ou do nível intermediário tenha uma indicação correspondente na interface, porém com grau de sofisticação diferente. Isso decorre das indicações se referirem a mecanismos distintos (ver Seção 5.2 a seguir para maiores esclarecimentos).

5.2. Orientações e Critérios para uma Categorização

Os critérios para categorizar determinado conjunto de mecanismos podem ser determinados por algumas regras estabelecidas previamente. Estas regras devem refletir o objetivo da categorização e sua definição deve ser estabelecida pelo responsável da categorização.

Como exemplo apresentam-se as regras que orientaram a categorização apresentada a seguir, bem como aquela constante do Apêndice B. No caso, o objetivo estabelecido foi de identificar sobreposições entre os mecanismos de diferentes modelos de dados, procurando determinar integrações potenciais ou de fato. Outros objetivos poderiam ser, com relação à abrangência de serviços e de aspectos dos dados, sofisticação, e nível de abstração:

- ◆ a comparação entre diferentes modelos de dados;
- ◆ a especificação de uma metodologia de autoria;
- ◆ a avaliação da aderência de determinado modelo a ferramentas existentes.

Os critérios usados foram:

- Qualquer mecanismo orientado a um dos serviços computacionais, em especial àqueles mais fortemente relacionados com hipermídia, a navegação e a percepção, não pode ser considerado no nível externo, ou seja, não pode ser considerado infológico.
- A existência de um mecanismo é indicado, pelo menos, como básico, por mais simples que seja.
- A referência para a consideração de um mecanismo como meio sofisticado em relação ao serviço de navegação é o modelo de referência Dexter. Em relação ao serviço de percepção é o padrão HyTime. Em relação ao serviço de interação adotou-se

ADVCharts [carneiro94:adv]. Para os demais serviços, deve-se estabelecer uma referência ou deixar a cargo da capacidade de avaliação do analista^{V.1}.

- O nível de abstração é determinado de acordo com as motivações usadas na definição do Mapa de Categorização Abstrata apresentadas na Seção 4.2.
- No caso da existência de vários mecanismos em um quadrante, a indicação deve corresponder à do mais sofisticado.
- Um mecanismo de determinado modelo de dados deve ser considerado facilitador de mapeamento se, através dele, é possível a especificação de elementos que são usados como base para a especificação de outros elementos com nível de abstração menor, por meio de mecanismos de outro modelo de dados. Diz-se, então que, o mecanismo é um facilitador de mapeamentos entre o modelo de dados de mais alto nível de abstração para o de mais baixo nível.

Recomenda-se, ainda, que cada categorização apresente um pequeno contexto do modelo, seguido por observações distribuídas, pelo menos, nos seguintes grupos relacionados com:

- Mapa de Categorização Abstrata, onde se procura apresentar indicadores correspondentes a níveis de abstração, serviços computacionais e aspectos infológicos constituintes do mapa e que fortemente influenciem a categorização do modelo.
- Nível externo em relação à Visão-T, onde procura-se estabelecer se o nível externo do mapa é explorado e como isso ocorre.
- Nível intermediário, onde procura-se estabelecer se o nível intermediário do mapa é explorado e como isso ocorre.
- Nível físico, onde procura-se estabelecer se o nível físico do mapa é explorado e como isso ocorre.
- Facilitadores de mapeamento, onde procura-se apontar a existência de mecanismos do modelo, no nível externo ou intermediário, que facilitem o mapeamento para o nível de abstração imediatamente inferior.

^{V.1} No caso da categorização realizada, o critério de avaliação sobre o grau de sofisticação ficou a cargo do analista, isto porque, até o momento, não há preocupação em localizar ou estabelecer referências para orientar essa definição para mecanismos relativos aos outros serviços que não navegação, percepção e interação. Este fato deve-se à simplicidade, e portanto grau básico de sofisticação, daqueles mecanismos encontrados nos modelos conhecidos e categorizados, que efetivamente estão orientados ao suporte dos serviços de navegação, percepção e interação.

- Serviços suportados, onde procura-se indicar a existência de mecanismos específicos para os diversos serviços que podem existir.
- Pontos positivos no(s) modelo(s).
- Outras observações.

Deve-se procurar verificar a existência dos seguintes elementos constantes da Visão-T: significado, descrição e delimitadores para percepção dos aspectos relacionados a conteúdo, comportamento, estrutura e restrições. Com relação ao nível físico, serviços de: percepção, pesquisa, navegação, preparação, manutenção, autoria e interação. Deve-se também procurar verificar se existe suporte a múltiplas aplicações em um mesmo domínio de interesse e se existe a separação de assuntos, seja por serviço computacional, seja por aspecto de especificação abstrata, seja por nível de abstração. Além disso, é interessante observar nos modelos a existência de suporte à cobertura de herança, derivação ou qualquer outro tipo de reuso de especificações.

5.3. Perfil do Usuário do Mapa de Categorização Abstrata

O Mapa de Categorização Abstrata está direcionado a atender projetistas que trabalham com hipermídia, em especial aqueles envolvidos com:

- ◆ Aplicações e que estejam interessados em escolher, entre uma gama de modelos de dados, aqueles que deve utilizar em um desenvolvimento, através da comparação de abrangência, sofisticação e sobreposição de mecanismos.
- ◆ Sistemas hipermídia para estabelecer a abrangência de um novo produto.
- ◆ Sistemas hipermídia para a criação de facilitadores de mapeamento ou mesmo de regras de mapeamento para modelos de dados de alto nível de abstração, considerando ferramentas e modelos de dados destinados ao nível físico de abstração.
- ◆ Novos modelos de dados que sejam resultantes da integração de modelos de dados existentes ou da complementação destes com novos modelos.
- ◆ Metodologias de desenvolvimento para estabelecimento de estratégias de cobertura e transição entre níveis de abstração, serviços computacionais e aspectos cobertos pela Visão-T.

5.4. Exemplos de Categorização

A seguir é apresentada a categorização relativa às metodologias de autoria OOHDMM e RMM. Para cada uma destas, inicialmente é apresentado o Mapa de Categorização Abstrata, com indicações estabelecidas através dos critérios e notações apresentados anteriormente, acompanhado por justificativas e observações.

5.4.1. Object-Oriented Hypermedia Design Methodology (OOHDM)

OOHDM [schwabe95:abst] [schwabe96:syst] estabelece uma seqüência de quatro etapas desenvolvidas de maneira incremental e iterativa, produzindo protótipos. As etapas correspondem à produção de modelagens de dados com níveis de abstração distintos, a primeira das quais corresponde ao domínio de interesse. Posteriormente, essa modelagem é mapeada em outras, de maneira gradativa. Duas modelagens finais, obtidas na terceira etapa, são convertidas para implementações que são obtidas através de ferramentas disponíveis, havendo na metodologia, portanto, o uso de modelos de dados já existentes e suportados computacionalmente, com níveis de abstração entre intermediário e físico.

O enfoque do OOHDM é com as aplicações que apresentem "estrutura regular", ou seja, cujo domínio de interesse ofereça a possibilidade de se modelar classes de entidades, relacionamentos entre classes e múltiplas instâncias em cada classe.

Mapa de Categorização Abstrata

OOHDM corresponde a um dos poucos exemplos de metodologia para desenvolvimento de hipermídia que apresenta cobertura ampla dos diferentes níveis de abstração, começando com o mapeamento de uma modelagem estrutural abstrata em elementos computacionais abstratos e, posteriormente, físicos, apesar de não diretamente.

Embora a cobertura do OOHDM não seja total no Mapa de Categorização Abstrata, conforme pode ser visto na Figura 5.3, nota-se uma flagrante preocupação em permitir o desenvolvimento gradativo através de níveis distintos de abstração, além da maior cobertura do mapa dentre as categorizações realizadas.

Em relação ao mapeamento das modelagens obtidas no nível intermediário para o nível físico o que ocorre é, primeiro, a conversão para modelagens, também do nível intermediário, que possam ser geradas por ferramentas implementadas para realizar o mapeamento para o nível físico; entre tais ferramentas os autores citam ferramentas proprietárias, tais como Hypercard, Toolbook e Director, e também ferramentas para HTML.

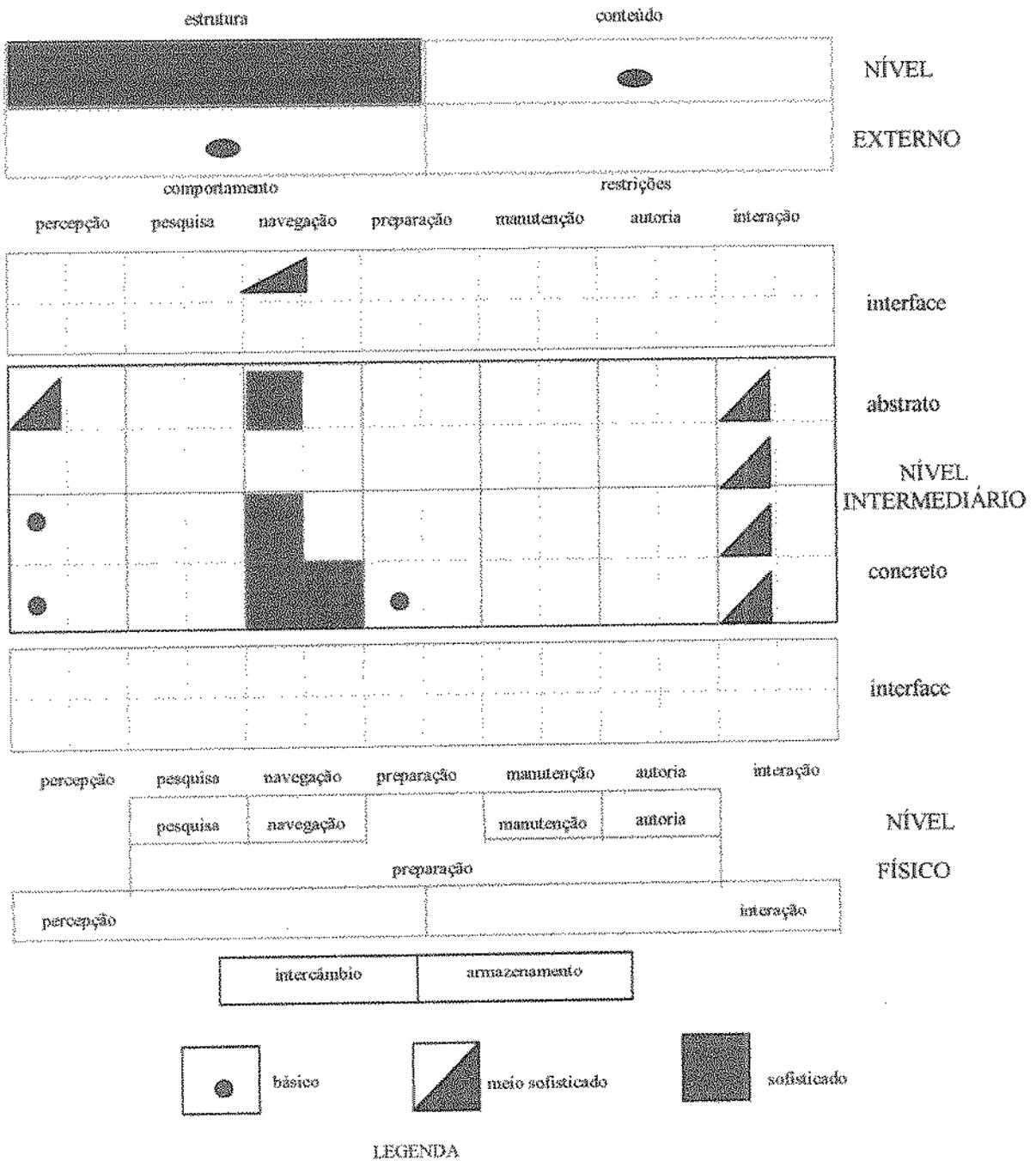


Fig. 5.3. Categorização da metodologia OOADM

Dentre os quatro aspectos cobertos pela Visão-T, não se enfocam restrições do domínio de interesse. Porém, conforme o processo de projeto avança para implementação, nota-se uma preocupação maior com a especificação comportamental, que é superficialmente tratada no nível externo, e de restrições, relacionada com os serviços computacionais em níveis altos de abstração no nível intermediário.

Nível Externo

Inicialmente é gerada uma modelagem orientada a objetos e infológica do domínio de interesse, principalmente sob o aspecto estrutural, denominada projeto conceitual, baseado em OMT [umbaugh91:oomd]. Nessa modelagem deve-se procurar capturar a semântica do domínio da maneira mais neutra possível.

O produto é um Esquema de Classes e Instâncias, constituindo sub-sistemas, classes e relacionamentos. Incluem-se algumas primitivas tais como perspectivas de atributos e sub-sistemas. Dois tipos de objetos são modelados, aqueles que serão percebidos e aqueles que dão suporte computacional. Este último tipo de objeto vai contra a orientação de estudar o domínio de interesse de forma neutra.

Para a realização desta etapa são oferecidos sofisticados mecanismos para especificação estrutural e indicação sobre a descrição de registros de informação. Além disto, está prevista a especificação de métodos para aspectos comportamentais. Significado ou delimitadores de percepção não são considerados. Usa-se agregação, especialização e sub-sistemas. Há suporte para herança de atributos, estrutura e comportamento.

Nível Intermediário

Durante o projeto de navegação essencialmente define-se um modelo para navegação que é uma visão do modelo conceitual, estabelecendo quais objetos do esquema conceitual serão navegados, quais atributos e relacionamentos vão ser apresentados, ou seja, estabelecem-se nós e ligações. Além disso, estabelece-se:

- ◆ quais composições existem e quais se relacionam;
- ◆ em quais contextos pode ocorrer a navegação;
- ◆ quais diferenças os objetos devem apresentar de acordo com os contextos em que aparecem;
- ◆ qual o tipo de conexão é usada entre objetos (ligações, "paths", índices, "guided tours", etc.); e a
- ◆ semântica de "browsing" (o padrão é a substituição).

Diferentes modelos de navegação podem ser construídos a partir do mesmo modelo conceitual. São projetados dois esquemas: o de classes para navegação e o de contextos para navegação.

O esquema de classes para navegação pode muito bem ser considerado um modelo de navegação abstrato, que posteriormente é mapeado e refinado no esquema de contexto de navegação, tendo gradativamente adicionados comportamento e restrições computacionais, no nível de abstração concreto.

Existe um conjunto pré-definido de tipos de classes para navegação: nós, ligações e estruturas de acesso. Nós são definidos como visões orientadas-a-objetos de classes conceituais, permitindo a combinação de atributos de diferentes classes conceituais relacionadas. Nós podem ser atômicos ou compostos e contêm âncoras e atributos com tipos simples. Os atributos que tenham múltiplas perspectivas dão origem a distintos atributos em uma classe nó.

Ligações refletem relacionamentos a serem explorados pelo usuário alvo e também são definidas como visões dos relacionamentos do esquema conceitual. É possível associar condições a uma ligação, as quais são checadas durante a ativação da ligação.

O contexto para navegação é a primitiva estrutural mais importante dentro do OOHDM. Constitui um conjunto de nós, ligações, classes contexto e contextos aninhados. É definido a partir de uma propriedade que todos os nós e ligações no contexto possuem ou por enumeração dos membros, sendo induzido pelas classes para navegação. Na sua definição considera-se como os elementos podem ou devem ser visitados e em qual ordem, através de alguma estrutura de acesso.

Considerando as classes para navegação e seus relacionamentos, resultantes da modelagem do domínio de interesse, um contexto para navegação pode ser:

- ◆ baseado em uma única classe e constituído pelas instâncias com determinada propriedade;
- ◆ um grupo baseado em uma classe, se a propriedade é parametrizada, estabelecendo tipos;
- ◆ baseado em uma ligação derivada de um relacionamento um para muitos;
- ◆ um grupo baseado em uma ligação derivada de um relacionamento muitos para muitos;
- ◆ enumerado, com seus elementos podendo pertencer a classes diferentes;
- ◆ dinâmico, com seus elementos sendo inseridos durante a navegação, tal como ocorre com os conceitos história ou cesta de compras em uma navegação.

As classes contexto complementam as classes para navegação indicando qual informação é apresentada e quais âncoras estão disponíveis em um objeto que tenha sido acessado. No contexto se especifica se a navegação pelos seus elementos se dará de maneira seqüencial, seqüencial circular, índice, etc. Grupos de contextos de uma mesma classe são agregados de maneira aninhada.

Os objetos de navegação não são percebidos diretamente pelo usuário, pois são acessados via objetos de interface. O projeto da interface abstrata permite a especificação dos objetos responsáveis por mediar a interação entre o usuário e os objetos de navegação, sendo o momento em que se preocupa com a forma em que os objetos serão mostrados, quais objetos ativarão a navegação ou outra atividade computacional, quais objetos serão sincronizados e quais as transformações de interface ocorrerão.

ADVs (Abstract Data View) são objetos que apresentam estado e uma interface, que pode ser exercitada através de eventos, e que não representam a implementação. Um ADV contém um conjunto de atributos e outros ADVs aninhados, que representam propriedades de percepção e eventos tratáveis. Os atributos definem estilo, posição, cor, som, etc. de uma maneira abstrata. A exibição dos atributos é tratada na atividade de implementação.

Nós e índices agem como ADOs (Abstract Data Objects), que são objetos que não tratam elementos externos. Os seus respectivos ADVs são usados para apresentar sua aparência ao usuário.

Os ADVs expressam: a estrutura estática do lay-out, usando agregação e especialização; a forma como estaticamente se relacionam com objetos de navegação; e como reagem a eventos externos.

Enquanto "ADVs charts" são usados para a especificação de sincronização, o comportamento de cada ADV aninhado pode ser especificado usando "statecharts", como em HMBS [turine98:hmbs], ou uma outra especificação concisa.

Nível Físico

A metodologia OOHDM explora bem a existência de ferramentas que propiciam modelos de dados no nível físico. Porém, as conversões que necessitam ser feitas, em geral, não são realizadas sobre modelos de dados aderentes às abstrações usadas.

Na implementação ocorre um mapeamento entre objetos conceituais, de navegação e de interface para elementos de um ambiente de execução. Se o ambiente alvo não é orientado a

objetos há necessidade de adaptação dos elementos projetados em páginas HTML, alguns scripts ou consultas a algum DBMS relacional. O projeto da interface deve ficar a cargo de um profissional da área gráfica.

Os objetos conceituais e de navegação devem ficar armazenados em uma base de dados, orientada a objetos de preferência.

Entre as decisões de implementação encontram-se aquelas relacionadas com:

- as âncoras, devem ou não fazer parte do conteúdo;
- se a quantidade de dados a ser apresentada é grande, adotar abordagens que evitem do usuário receber informação em demasia, por exemplo, dividindo os dados e deixando o usuário solicitar sob demanda;
- geração de páginas dinamicamente, usando "templates"; e
- a frequência em que a informação muda.

Facilitadores de Mapeamento

O projeto de navegação é baseado no projeto conceitual, havendo mecanismos facilitadores para essa "interface": relacionamentos que se transformam em ligações e classes que são base para a definição de nós. É bom lembrar que agregações e especializações constituem relacionamentos implícitos.

Com o intuito de especificar e indicar diferentes registros de informação para um atributo de uma classe são usadas as "perspectivas de atributos", cada uma das quais dá origem a um atributo distinto na etapa de projeto de navegação, no esquema de classes de navegação.

O mecanismo de "perspectiva de atributo" não teria correspondente direto em um modelo infológico aderente à Visão-T, isto porque a cada uma das "perspectivas" corresponde um conteúdo, uma estrutura e, talvez, comportamento e restrições diferentes. Na realidade, os resultados desse mecanismo poderiam ser alcançados com a especificação de dois componentes multimídia diferentes, talvez com seu próprio comportamento e restrições, que seriam referenciados de maneira condicional através de algum outro mecanismo estrutural.

Serviços Suportados

Os serviços considerados são os de navegação, percepção e interação, e, indiretamente,

Há a utilização do princípio de separação de assuntos, que resulta no tratamento separado das diversas modelagens, principalmente com relação a níveis distintos de abstração. Isto permite que uma modelagem conceitual possa servir para diferentes aplicações. Com relação a serviços distintos, o serviço de navegação é separado dos demais para ser possível a sua especificação sem a interferência de detalhes de outrem.

A metodologia se baseia nos mecanismos de navegação tradicionais, exceto por alguns construtores bastante sofisticados, aqueles que estabelecem "contextos".

Pontos Positivos

- ◆ A possibilidade de explorar a modelagem do domínio de interesse para o desenvolvimento de diferentes aplicações.
- ◆ A noção de que objetos de navegação são visões de objetos conceituais.
- ◆ Consideração do perfil dos usuários e do conjunto de tarefas que serão realizadas com a aplicação.
- ◆ O princípio de separação usado sobre os assuntos de navegação daqueles relacionados com "interface" é bastante positivo e deveria ser explorado mais.
- ◆ Uso de abstrações apropriadas para organizar o espaço de navegação através de contextos.
- ◆ Existência de decisões que só necessitam ser realizadas na implementação.
- ◆ Devido à utilização da abordagem orientada a objetos, as especificações podem ser mais facilmente realizadas e mantidas através de herança.

Outras Observações

O mapeamento final dos modelos de navegação e de "interface" abstrata para modelos como HTML não consegue ser feito de forma direta, pois os modelos do OOHDM contêm elementos comportamentais e de restrições que não podem ser mapeados devido à própria abrangência e natureza do HTML, que enfatiza aspectos estruturais. Não é possível produzir "interfaces" fortemente gráficas, posicionar precisamente objetos de "interface" ou suportar notações incomuns. Entretanto através do HTML é possível incorporar outros mecanismos que minoram esses problemas.

O mapeamento a modelos de nível intermediário também causa diferenças funcionais nas implementações desenvolvidas, ou seja, um mesmo elemento pode ser implementado de maneiras diferentes, funcionando de maneira diferente.

Em nenhuma etapa há preocupação com significado.

A metodologia poderia utilizar derivações, não só herança, para a realização de especificações.

Os autores sinalizam com a evolução da metodologia, pois há preocupação com uso de ferramentas para protótipos, com o aspecto segurança de nós e contextos e com a consideração de trabalho em grupo.

5.4.2. Relationship Management Methodology (RMM)

RMM [isakowitz95:cacm] é uma metodologia para projeto e construção de aplicações hipermídia. RMM é baseado no modelo de dados HDM e seu sucessor HDM2 [garzotto93:tois], que suportam esquemas para representação de dados mas provêm pouco de procedimentos para uso de representações em um processo de desenvolvimento.

RMM é uma metodologia em constante evolução, principalmente em se tratando das suas etapas e das primitivas usadas para modelar navegação. A sua constituição original de sete passos era composta de: projeto E-R, projeto de entidades, projeto de navegação, projeto do protocolo de conversão, projeto de telas para "interface" com o usuário, projeto do comportamento em tempo de execução, e construção. A esses foram agregados mais dois passos diretamente relacionados com o projeto da aplicação, assim denominado para indicar a preocupação em estabelecer uma visão comum para projetista e usuário da aplicação final, em termos das suas principais telas.

RMM provê primitivas para especificar como a informação é estruturada, divididas em três perspectivas: domínio E-R, domínio RMD e acesso. No domínio RMD a primitiva "slice", que originalmente permitia modelar como a informação devia ser apresentada, evolui e passou a ser denominada "m-slice" de maneira a incorporar a possibilidade de aninhamento. Existem também primitivas de acesso para a modelagem da navegação propriamente dita.

Existe uma preocupação em RMM relacionada com a volatilidade da informação que já se encontra implementada na metodologia e para o tratamento do que é considerada altamente apropriada.

O enfoque do RMM é com aplicações que apresentem “estrutura regular”, ou seja, cujo domínio de interesse ofereça a possibilidade de se modelar classes de entidades, relacionamentos entre classes e múltiplas instâncias em cada classe. Aplicações estas com complexidade entre moderada e alta, e que propiciem o surgimento de elementos reusáveis.

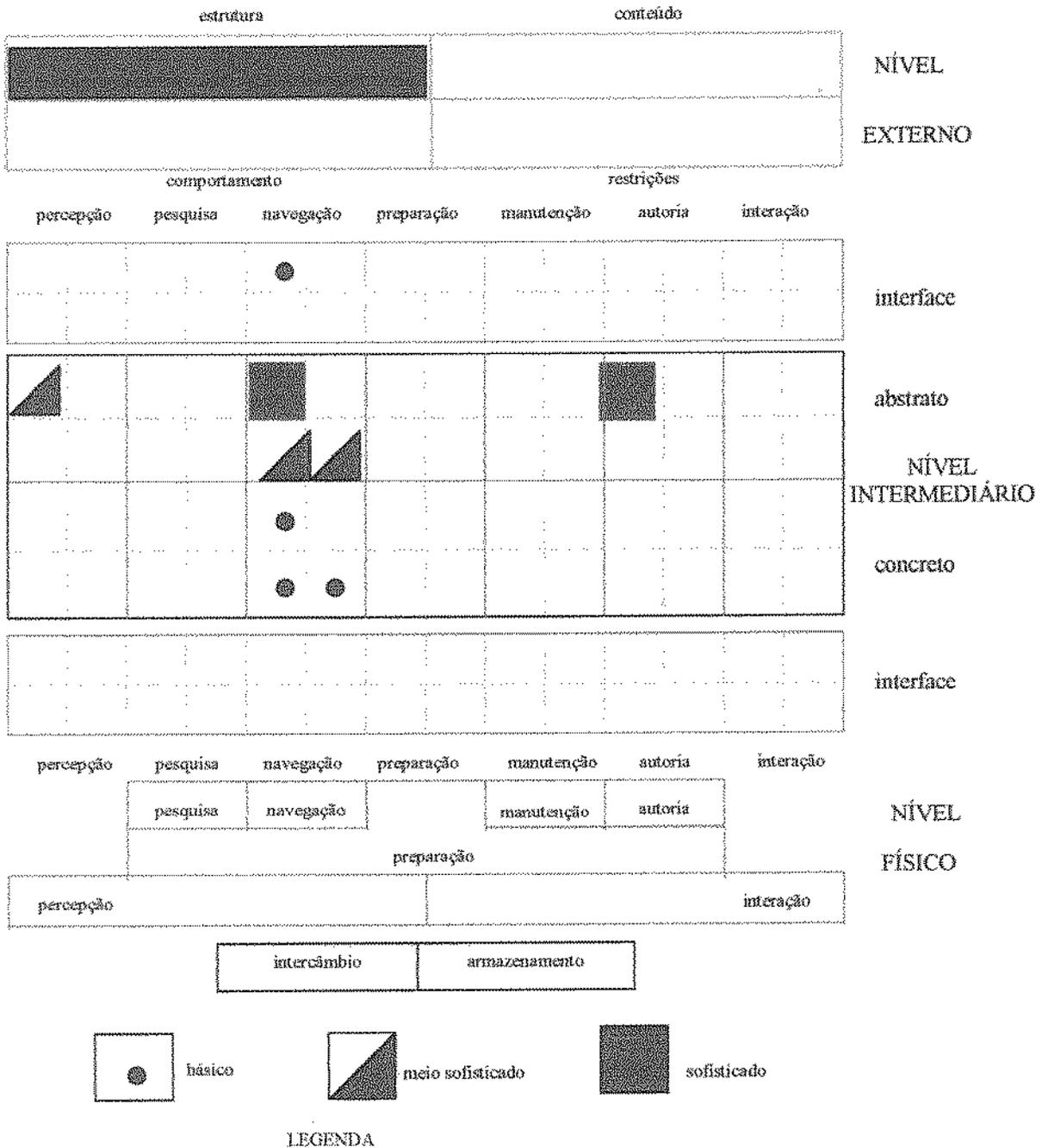


Fig. 5.4. Categorização da metodologia RMM

Mapa de Categorização Abstrata

A metodologia RMM, segundo seus autores, está adaptada às necessidades atuais dos sistemas de informação na WWW, através de uma linguagem para representar informação do domínio de interesse e da estrutura para navegação.

A cobertura do Mapa de Categorização Abstrata pelo RMM, mostrado na Figura 5.4, lembra muito aquela do OOHDM no que diz respeito à abrangência de sua cobertura pelos diversos níveis de abstração, com a preocupação de permitir um desenvolvimento gradativo. Esse desenvolvimento se dá através das seguintes etapas: análise de requisitos; projeto do diagrama E-R; projeto do diagrama da aplicação; projeto de m-slices englobando o projeto de navegação; consolidação do diagrama da aplicação; projeto da interface com o usuário; protocolo de conversão; estabelecimento do comportamento em tempo de execução; e implementação.

A partir de uma modelagem infológica e de uma adaptação desta à visão prévia da aplicação, é criada uma modelagem para navegação. Em seguida, o projeto do protocolo de conversão usa um conjunto de regras para transformar cada elemento obtido anteriormente em um objeto da plataforma alvo. Aqui existe a preocupação de converter a modelagem até então obtida usando modelos de ferramentas disponíveis (o mesmo que ocorre com o OOHDM).

A etapa seguinte, projeto da "interface" do usuário, envolve o projeto de telas para cada elemento que aparece anteriormente. Decisões sobre como se atravessa ligações, história, "backtracking" e outros mecanismos de navegação devem ser implementados na penúltima etapa. Nesta, considerando a volatilidade da informação, decide-se a implementação de ligações e nós de maneira dinâmica ou estática. A última etapa consiste da construção e teste em termos convencionais.

As primeiras cinco etapas devem ser realizadas de maneira seqüencial. As demais etapas de maneira concorrente, havendo a possibilidade de retorno a qualquer passo.

Nível Externo

Inicialmente, após uma análise de requisitos, é gerada uma modelagem infológica estrutural usando o modelo E-R, estabelecendo qual é o domínio de interesse, com a preocupação do que a aplicação deve fazer, de quem será o usuário e como a aplicação será usada. Não há preocupação com a especificação de aspectos comportamental, de restrições e de conteúdo. Não há, também neste primeiro momento, preocupação com a determinação de significado ou de delimitadores para percepção.

No mais, conforme o processo de projeto avança para a sua implementação, nota-se que na especificação do serviço de navegação agrega-se à preocupação estrutural questões comportamentais e de restrições.

Nível Intermediário

O diagrama da aplicação provê, inicialmente, uma visão global da aplicação final para o projetista e o usuário, sendo constituído por unidades de apresentação. Após o detalhamento do projeto, o diagrama pode ser usado para a depuração do próprio projeto.

Cada unidade de apresentação do diagrama da aplicação é decomposta em sub-unidades reusáveis denominadas *m-slices*^{V.2}. Um *m-slice* agrupa atributos do diagrama E-R e outros *m-slices*, que são equivalentes a nós para navegação através de dados. As unidades mais básicas constituem o equivalente a páginas na WWW ou a partes de páginas.

Cada *m-slice* pertence a, no máximo, uma entidade do diagrama conceitual, a qual determina as instâncias dos atributos. Um *m-slice* pode conter atributos de outras entidades que não a dona e que não necessitam ser hierarquicamente relacionadas com a dona. Um *m-slice* descreve qual dado é parte do construtor e onde é obtido, não descrevendo como o mesmo é exibido.

Mecanismos poderosos para a definição de índices, grupos e "guided tours", além de combinações, estão disponíveis, havendo a possibilidade, inclusive, de se associar condições que indicam a quais instâncias se tem acesso através do mecanismo. Essas estruturas de acesso são posicionadas nos *m-slices*.

Existem notações gráficas para indicar a existência de diferentes tipos de relacionamentos e hiper-ligações. Hiper-ligações podem conectar *m-slices* da mesma entidade proprietária ou de distintas entidades. Ligações estruturais, que conectam pedaços de informação dentro da mesma instância, diferenciam-se dos relacionamentos associativos, que inter-conectam diferentes instâncias, geralmente, de diferentes entidades.

Se existem âncoras independentes da informação, como um botão, estas são denotadas por *m-slices* vazios. Botões podem iniciar um processo.

Na etapa de consolidação do diagrama da aplicação reconstrui-se o diagrama da aplicação usando-se uma orientação "bottom-up". Seleciona-se uma a uma as unidades de apresentação,

^{V.2} A denominação *m-slice* se deve à palavra russa "matreyska" usada para dar nome às famosas bonecas russas que se aninham umas às outras. Além disso, o termo também faz referência à denominação dada à primitiva estrutural usada para navegação, equivalente ao tradicional nó.

examinando-se todos os m-slices em busca de hiper-ligações. Destinos de hiper-ligações são unidades de apresentação. Assim, reconstrui-se o diagrama para a identificação de discrepâncias, tais como: m-slices que não foram especificados ainda; m-slices que necessitam ser removidos ou aninhados em outros; e hiper-ligações perdidas.

Nível Físico

O projeto do protocolo de conversão prevê a necessidade de mapeamento e/ou conversão da modelagem até então obtida. Um problema que agrava esta etapa é a possível falta de aderência dos modelos alvo às abstrações usadas anteriormente.

Uma aplicação projetada com RMM pode ser implementada com qualquer ferramenta para bancos de dados ou WWW. Aplicações podem ser geradas estaticamente (HTML) ou dinamicamente (SQL query), dependendo de quão volátil é a informação.

Facilitadores de Mapeamento

A análise do domínio usando a abordagem E-R ajuda a identificar relacionamentos importantes, através dos quais a navegação pode ser suportada. Considera-se natural que relacionamentos de projeto estabeleçam caminhos de navegação.

Com relação aos m-slices, a metodologia é obrigada a estabelecer "classes artificiais", as unidades de apresentação, para agrupar os atributos identificados na etapa conceitual e orientar a navegação através dos dados.

Serviços Suportados

O projeto de m-slices basicamente determina como a informação nas entidades escolhidas será apresentada e acessada por um serviço de navegação. Pode-se considerar essa etapa como a geração de um modelo de navegação estrutural abstrato. Aquilo que é abrangido no serviço de apresentação está relacionado com o serviço de navegação. O mesmo ocorre com aquilo que é considerado interação, mas tem a ver com o comportamento da navegação.

Existe uma preocupação em distinguir ligações que conectam informação (atributos) de uma mesma classe de entidades (ligação estrutural) das que conectam de diferentes classes de entidades (ligação associativa), para permitir indicar visualmente isso ao usuário.

Pontos Positivos

- ◆ A possibilidade de explorar a modelagem do domínio de interesse.

- ◆ O princípio de separação usado sobre os assuntos de navegação daqueles relacionados com "interface" e comportamento em tempo de execução é bastante positivo e deveria ser explorado mais.
- ◆ Para o serviço de autoria, a existência da notação gráfica para m-slices e seus componentes facilita bastante o trabalho do projetista. Além disso, a existência de uma notação textual para essa notação gráfica permite a construção de ferramentas de autoria. A ferramenta RM-CASE é um exemplo, apesar de suportar versões anteriores da metodologia.
- ◆ Em relação ao modelo para navegação, construtores bastante poderosos são oferecidos, tais como "guided tours", índices e grupos, que facilitam bastante o processo de autoria. Esses construtores, denominados estruturas de acesso, permitem selecionar atributos das classes de navegação e estabelecer quais das instâncias devem ser consideradas, através de predicados sobre suas propriedades.

Outras Observações

Imagina-se que, durante o passo de projeto do protocolo de conversão, sejam detalhadas características dos elementos identificados no passo anterior.

O mapeamento final dos modelos de navegação e de percepção, para modelos de nível abstrato mais baixo, pode apresentar problemas de compatibilidade entre mecanismos. O mapeamento a modelos de nível intermediário também pode causar diferenças funcionais nas implementações desenvolvidas, ou seja, um mesmo elemento é implementado de maneiras diferentes, funcionando de maneira diferente.

Em nenhuma etapa há preocupação com significado.

A metodologia poderia utilizar derivações e herança, para facilitar as especificações.

A metodologia se preocupa em explorar o reuso apenas de m-slices.

Há uma certa preocupação com o problema de "perdidos no espaço", na medida em que existe o projeto de comportamento em tempo de execução e seus mecanismos tipo "backtracking".

RMM encontra-se em frenética evolução, com seus autores sinalizando a preocupação em tratar: interação com o usuário, componentes computacionais (BDs e arquivos, p.e.), múltiplos usuários e segurança.

5.5. Resumo e Constatações

Neste capítulo são apresentadas as categorizações relativas às metodologias de autoria OOHDM e RMM, baseadas em critérios e notações inicialmente estabelecidas. De forma semelhante, uma proposta de arcabouço para a realização de análises comparativas entre metodologias de autoria para hipermídia e multimídia [tobar98.frame] compara as mesmas metodologias, tendo sido a base para a discussão sobre o uso do Mapa de Categorização Abstrata. O mapa, além de outros usos apresentados, tem sido usado também para orientar a criação de taxonomias para elementos que suportem o serviço de navegação, de maneira a permitir a exploração de sistemas de tipos e mecanismos de reuso.

Outra categorização de modelos de dados isolados é apresentada no Apêndice B, envolvendo alguns modelos existentes em padrões para estruturação de documentos, outros constituindo propostas interessantes ou modelos de referência.

As orientações e critérios estabelecidos para a categorização de modelos é um ponto que pode variar de acordo com o objetivo da categorização. Em especial a escala de sofisticação pode ser refinada de acordo com o grau de detalhamento desejado na comparação ou avaliação de modelos.

O perfil do usuário alvo do mapa é o de projetistas envolvidos nos diversos tipos de atividade e sistemas considerados para o desenvolvimento de aplicações com hipermídia.

Através das categorizações apresentadas neste capítulo e no Apêndice B, percebe-se que a ênfase de abstração localiza-se no nível intermediário concreto, ou seja, é operacionalmente orientada, apresentando uma preocupação maior com elementos computacionais do que com elementos de informação. Nenhum dos modelos categorizados apresentaram mecanismo no nível físico^{V.3}.

Constata-se também que o Mapa de Categorização Abstrata permite estabelecer algum entendimento sobre como pode ocorrer o processo de transformação de elementos de informação, especificados através de abstrações de alto nível, em elementos computacionais, especificados diretamente em termos computacionais. Assim, pode-se compreender a dicotomia que existe nos elementos que permitem a manipulação de informação, tais como documento, filme ou imagem, que são realizáveis através dos elementos computacionais e são objetos de interesse para

^{V.3} Um modelo de dados que apresenta mecanismos no nível físico é aquele que existe no padrão Premo [isoiec14478]. Premo não foi incluído entre os modelos categorizados por não suportar mecanismos para navegação.

algumas aplicações mas que, ao mesmo tempo, são constituídos por elementos representados, abstraídos dos elementos de informação.

Em seguida para concluir o trabalho, é apresentada uma síntese dos capítulos, acompanhada de comentários e propostas para futuros trabalhos.

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Tendo como motivação principal a inadequação dos atuais modelos de dados para o suporte do projeto de dados hipermídia, este trabalho inicialmente apresenta um levantamento sobre conceitos para *dado* e *modelo de dados* na presença de hipermídia. Em seguida propõe um equacionamento para alguns dos conceitos levantados, em particular para aqueles relacionados com a modelagem de dados hipermídia com altos níveis de abstração. O trabalho também estabelece uma forma para avaliação e comparação de modelos de dados orientados a hipermídia.

A necessidade de se buscar um modelo de dados orientado à hipermídia é proveniente de trabalhos para estabelecer a arquitetura e a implementação de um sistema de banco de dados distribuído para armazenamento de dados e informação multimídia [tobar95:mult] [ricarte96:towa] e também do suporte de sistemas de informação distribuídos com hipermídia [mendes97:arch].

A seguir, são apresentadas as contribuições do trabalho, juntamente com uma revisão dos resultados obtidos, através dos quais foram atingidos os objetivos inicialmente traçados. Na seqüência são apresentadas sugestões para trabalhos futuros, dando seqüência à conceituação estabelecida pelas contribuições.

6.1. Contribuições

Uma das contribuições principais deste trabalho é a *Visão-T*, apresentada no Capítulo 3. Sua definição é estabelecida a partir de uma revisão conceitual de modelos de dados orientados à hipermídia, que compõe o Apêndice A, e das necessidades detectadas no Capítulo 2, relacionadas com componentes e dimensões de especificação para modelos de dados orientados à hipermídia. Através da *Visão-T*, um equacionamento é estabelecido entre os aspectos e componentes relacionados a modelos de dados, criando um arcabouço ao qual se pode incorporar os conceitos relacionados às especificidades da hipermídia.

Originalmente a *Visão-T* é orientada a modelos de dados infológicos, objetivando estabelecer uma especificação completa para dados em modelagens de elementos de informação. A *Visão-T* define estrutura, comportamento, restrições e conteúdo como os quatro aspectos a serem considerados e descrição, significado e delimitadores para percepção como os componentes correspondentes para especificação de cada aspecto dos dados, estabelecendo uma abrangência adequada, não encontrada em nenhum dos modelos conhecidos, para a caracterização de dados. A *Visão-T* objetiva:

- aumentar a abrangência dos aspectos especificados para dados em modelos de dados infológicos, visando a especificação de entidades e classes representativas do domínio de interesse;
- ser usada como base para orientar o projeto abstrato de elementos de informação individuais que não constituem classes, para sua transformação em componentes de informação, podendo vir a ser usada como um arcabouço de modelos de dados;
- incorporar significado em todas as dimensões de especificação de dados.

Outra contribuição, o Mapa de Categorização Abstrata especificado no Capítulo 4, é o resultado da busca por um arcabouço referencial que permita analisar e comparar características de modelos de dados orientados a características da hipermídia.

Usando o Mapa de Categorização Abstrata é possível tecer algum esclarecimento sobre o processo de transformação de elementos de informação de um domínio de problemas em elementos computacionais, que representam a informação e permitem sua manipulação em um sistema hipermídia. Além disso, o mapa permite a realização de comparações de modelos de dados existentes em padrões para especificação de documentos estruturados, que constituem modelos de referência ou são usados em metodologias para desenvolver aplicações com hipermídia.

Modelos de dados podem ser categorizados no Mapa de Categorização Abstrata de acordo com três pontos de vista: a ênfase que apresentam em relação ao nível de abstração usado na representação dos dados; a Visão-T, proposta no Capítulo 3; e os serviços computacionais que permitem manipular dados hipermídia.

O Mapa de Categorização Abstrata é usado para identificar mecanismos abstratos em modelos de dados que permitam estabelecer a interface para mapeamento em modelos de dados com menor nível de abstração, no intuito de ressaltar a importância da existência desse tipo de facilitadores para mapeamentos. Considerando modelagens de dados hipermídia, facilitadores de mapeamento podem ainda e devem ser incorporados à Visão-T.

No Capítulo 5 o Mapa de Categorização Abstrata é usado para a categorização de metodologias de autoria RMM e OOHDM orientadas à hipermídia, seguindo um conjunto de orientações e critérios. Esse capítulo é fruto de uma proposta de arcabouço para avaliação e comparação de metodologias de autoria [tobar98:frame]. Há necessidade, no entanto, de melhorar o poder de representação do mapa para permitir a visualização de relacionamentos entre serviços computacionais.

No Capítulo 2 são apresentados inicialmente conceitos envolvidos com o foco da modelagem de dados, ao mesmo tempo em que se procura definir o que vem a ser um modelo de dados em termos de componentes. Para essa definição estabelece-se uma linha evolutiva para modelo de dados, através da qual vão sendo incorporados mecanismos destinados a suportar diferentes aspectos relacionados a características de elementos de informação. A descrição desta linha evolutiva também é uma das contribuições do trabalho.

No início da linha evolutiva os mecanismos suportam o aspecto estrutural, em seguida incorporam-se mecanismos para a especificação parcial da parte semântica. A incorporação seguinte relaciona-se com o aspecto comportamental. Salienta-se que, em relação à hipermídia enquanto extensão de hipertexto e multimídia, existe a preocupação com a modelagem de um outro diferente aspecto, aquele relacionado ao conteúdo, mas não de maneira integrada aos aspectos já cobertos pelos modelos de dados existentes. Existe, também, preocupação em modelar outros assuntos característicos, também de maneira isolada, e que se relacionam com a percepção, tal como o sincronismo temporal de mídias contínuas, ou com a navegação, tal como ligações associativas. Alerta-se para a necessidade de novos modelos de dados específicos para a hipermídia, em especial para o suporte de especificações com abstrações de alto nível e que permitam a modelagem integrada dos diferentes aspectos dos dados hipermídia.

6.2. Sugestões para Futuros Trabalhos

Resultados de pesquisa na área da hipermídia têm considerado um conjunto mais rico de mecanismos do que aquele tradicionalmente existente nos modelos de dados conhecidos, incluindo relacionamentos, ligações n-árias, conjuntos, grafos de controle, nós compostos que permitem a modelagem de estruturas hierárquicas, contextos, contextos aninhados, "statecharts", entre outros. Modelos de dados para hipermídia necessitam incorporar esta variedade de mecanismos, sem esconder a sua semântica e sem limitar a possibilidade de servir como ferramenta de integração.

Com vistas à obtenção de um conjunto completo de modelos de dados orientados a hipermídia, são apresentados os pontos vistos nos resumos e constatações existentes nos Capítulos de 2 a 5 merecedores de atenção para futuros trabalhos:

- atualização da revisão bibliográfica para dar continuidade à linha evolutiva de modelos de dados, tendo em vista preparação de material didático;
- integração de modelos infológicos para a cobertura completa da Visão-T;

- identificação de facilitadores de mapeamento ao nível infológico para modelos de dados orientados aos diversos serviços considerados no Mapa de Categorização Abstrata, bem como para modelos intermediários com relação a modelos físicos;
- integração de modelos de dados visando obter coberturas orientadas a serviços de manipulação de dados, bem como orientadas aos níveis de abstração intermediário e físico no Mapa de Categorização Abstrata;
- busca por modelos de dados para os quadrantes localizados nos cruzamentos dos serviços de pesquisa, preparação e manutenção, além daqueles das dimensões de comportamento e consistência e integridade, no Mapa de Categorização Abstrata;
- busca de um modelo de dados destinado à exploração de componentes de informação individuais;
- estabelecimento da abrangência das ferramentas comercialmente disponíveis com relação ao Mapa de Categorização Abstrata;
- exploração das influências da abrangência dimensional propiciada pela Visão-T e dos próprios serviços computacionais sobre cada um dos demais serviços;
- aperfeiçoamento do Mapa de Categorização Abstrata através da introdução de uma representação para a existência de elementos relativos a um determinado serviço que suportam outros serviços.

A especificação e implementação completa de um modelo de dados orientado à navegação também é um futuro trabalho, que leve em consideração:

- A existência de facilitadores de mapeamento, tal como o delimitador de percepção existente em modelos de dados infológicos aderentes à Visão-T.
- A definição de um único arcabouço para ligações que conectam descrições de qualquer dos quatro aspectos da Visão-T. No arcabouço devem ser fortalecidos os conceitos de âncora e ligação, de maneira a permitir o suporte de vários mecanismos propostos em modelos de dados para hipermídia que não se encaixam na base conceitual desses modelos.
- A criação de hiper-espacos sobre um conjunto de descrições, sem introdução de redundância, através da introdução de um mecanismo de perspectiva sobre a especificação das âncoras, diferente daqueles existentes e associados a conteúdo.
- A possibilidade de especificação pelo projetista de uma semântica de navegação para cada ligação.

- A possibilidade de especificação de navegação entre modelagens distintas, necessidade básica para novas aplicações, tais como as bibliotecas digitais.

Em prosseguimento a este trabalho se dar-se-á ênfase à integração de modelos de dados orientados à hipermídia, à exploração da Visão-T, e à especificação de um modelo de dados orientado à navegação.

The change to data models has to be evolutionary rather than revolutionary ...

The mappability of the data model into other data models may be important [tschritzis82:data].

APÊNDICES

A. Revisão de Modelos de Dados para Hipermídia

Modelos de dados, na realidade métodos para a representação e projeto de dados, têm sido desenvolvidos para possibilitar a estruturação e o processamento de informação, na grande maioria das vezes, na forma de documentos genéricos. Além disso, alguns modelos de dados têm sido desenvolvidos para associar componentes de documentos com atividades particulares como apresentação ou interação, facilitando, assim, a autoria de componentes de informação, a estruturação de classes de componentes de informação e a criação de aplicações.

Os modelos de dados ilustram a importância de se comunicar a autores e usuários a estrutura geral de um componente de informação, tanto como seu conteúdo. Em geral, têm se provado úteis quando da existência de classes de componentes com estrutura complexa ou em grande quantidade.

Como resposta à diversidade de sistemas hipermídia existentes, Halasz [halasz88:cacm] propôs uma categorização para esses sistemas baseada em gerações, que por extensão se aplica a modelos de dados para hipermídia, uma vez que nos sistemas existem modelos de dados implementados:

- A primeira geração enfoca a apresentação de texto e a interligação de componentes de documentos com texto somente. Quando apresentado o texto, algumas de suas partes ficam destacadas e a sua seleção causa a apresentação de um outro segmento de texto. A sua estrutura é linear por natureza.
- A segunda geração estende a primeira geração incorporando mais mídias, além do texto, e usando ambientes de exibição baseados em janelas, além de sumários de navegação. Diferente dos nós, considera-se que todas as ligações têm o mesmo significado e definem a mesma associação. Além disso, uma âncora ou é um nó inteiro ou um ponto dentro do nó.
- A terceira geração estende a segunda através da incorporação de sete aspectos,
 - ◆ integração de funcionalidade para busca e consulta,
 - ◆ tipos de nós compostos, nas quais até as âncoras podem ser grupos de nós,
 - ◆ estruturas virtuais sobre coleções de nós (imunes a mudanças),

- ◆ computação sobre as redes formadas por nós e ligações em um documento, que constituem verdadeiros grafos,
- ◆ versões de nós e subgrafos,
- ◆ suporte a trabalho cooperativo,
- ◆ extensibilidade e adaptabilidade.

Esta categorização serve para mostrar que a maioria dos modelos de dados disponíveis pertence às primeiras duas gerações. Apesar de alguns autores alegarem que seus modelos apresentam características da terceira geração, na realidade, isso é parcialmente verdade.

Em seguida são revisados alguns dos modelos de dados orientados à hipermídia mais referenciados na literatura. Eles compreendem desde modelos de referência até modelos integrados em uma metodologia de desenvolvimento de sistemas de informação. A ordem de apresentação não obedece nenhuma consideração.

A.1. Dexter [halasz94:cacm] [leggett94:cacm] [grønbaek94:cacm]

O Modelo Dexter é um modelo de referência que tem como seus blocos básicos, para a definição dos aspectos estáticos de um sistema com hipermídia: componentes, ligações e âncoras. É uma tentativa de capturar, formalmente, (parte das) abstrações encontradas nos sistemas de hipertexto então existentes em 1988, com vistas a prover uma referência comum para discussão e comparação de sistemas, em termos de uma terminologia padrão.

O modelo de dados Dexter, em princípio, poderia ser usado como uma base para o desenvolvimento de padrões para inter-operabilidade e troca entre sistemas hipermídia. A sua arquitetura representa um sistema hipermídia em três níveis: nível de execução, nível de armazenamento e nível interno-ao-componente.

O modelo enfoca o nível de armazenamento e suas interfaces com os outros dois níveis, permanecendo independente de formas de apresentação (propriedades de "layout" e visualização) e formatos de estruturação e codificação.

O Nível de Armazenamento

O nível de armazenamento, núcleo do modelo, descreve o correspondente a uma base de dados composta por uma hierarquia de componentes inter-conectados por ligações relacionais, implementadas através de duas funções, *resolver* e *accessor*. Porém, não são providos mecanismos que permitam lidar com documentos bem estruturados, como ocorre

com ODA^{A1}. Assume-se que outros modelos de dados sejam usados em conjunto com as especificações do modelo Dexter para tratar documentos e tipos de dados estruturados.

Um componente é tratado como um "container" genérico de dados e corresponde a uma especificação de conteúdo, existente no nível interno-ao-componente, um conjunto de atributos de propósito geral, uma especificação de apresentação para interface com o nível de execução, e um conjunto de âncoras para interface com o nível interno-ao-componente.

Um componente atômico é uma abstração para o conceito de nó ("containers" atômicos dos objetos capturados ou representados) ou de ligação. Componentes compostos, ou "composites", provêem um mecanismo de estruturação hierárquica que permite a um subcomponente pertencer a mais de um componente.

O conteúdo de um componente ligação é uma lista de extremos. Cada extremo inclui uma especificação de apresentação, bem como de um componente, uma identificação de âncora e uma direção.

Como ligações são componentes, estas podem ser extremos de outras ligações. Tanto ligações estáticas como processadas são suportadas através de especificadores. Na documentação do modelo, no entanto, só são exploradas ligações um para um, prevendo a possibilidade de extremos múltiplos.

Operações sobre Componentes

A função *accessor* é responsável pelo acesso ao componente dada a identificação única (UID) deste, ou seja, pelo mapeamento da identificação única de componente (UID) ao componente propriamente dito.

Quando uma ligação é percorrida, a especificação do componente deve ser processada para o estabelecimento, se possível, de uma UID, pela função *resolver*.

No nível de armazenamento são definidas operações que objetivam manter as invariantes do hipertexto: *adding*, *deleting*, *modifying*, *retrieving*, *LinksTo* (determina a interconectividade de um componente, ou seja, quais ligações se resolvem no componente) e *LinksToAnchor* (determina quais ligações fazem referência à âncora).

Restrições sobre Componentes

A manutenção de invariantes em um hipertexto se dá através da observação das seguintes restrições:

^{A1} ODA: Open Document Architecture, revisto em A.12, em seguida.

- ◆ a função *accessor* deve ser um mapeamento inversível de UIDs para componentes, assim todo componente tem que ter sua UID;
- ◆ a função *resolver* deve ser capaz de produzir todos os possíveis UIDs válidos;
- ◆ não existem ciclos no relacionamento componente/subcomponente;
- ◆ as identificações de âncoras de um componente devem ser as mesmas que as identificações usadas nas especificações das ligações que sejam resolvidas ao componente;
- ◆ especificações de componentes devem ser processadas para o estabelecimento de componentes existentes.

Âncoras

O nível de armazenamento se relaciona ao nível interno-ao-componente através de âncoras, que especificam onde na estrutura de hipertexto se localizam os "conteúdos" dos componentes, através de um identificador que pode ser referenciado por ligações e um valor que escolhe a parte ancorada do conteúdo.

As âncoras são mecanismos de endereçamento de localizações ou itens dentro do conteúdo de um componente.

Uma âncora tem duas partes: sua identificação, única no componente correspondente, e um valor, que especifica alguma localização, região, item ou subestrutura em um componente. Esse valor é mutante, de acordo com as mudanças do componente, e só é interpretável pela aplicação responsável pelo manuseio da estrutura de conteúdo do componente.

O Nível Interno-ao-componente

O nível interno-ao-componente contém os conteúdos dos componentes armazenáveis de maneira persistente. Esse nível e o de armazenamento estabelecem uma estrutura de dados passiva.

O nível interno-ao-componente corresponde a aplicações individuais, que são responsáveis pelo suporte da seleção de conteúdo para ancoragem de ligações.

O Nível de Execução

O nível de execução é responsável pela manipulação de ligações, âncoras e componentes em tempo de apresentação, incluindo como o usuário interage com a interface e quais atividades ocorrem durante a apresentação. Permite a captura da habilidade de acessar

e manipular estruturas de dados, através de apresentações que são instanciações de componentes. Os objetos neste nível incluem: sessão (gerência da interação com determinado hipertexto) e instanciação (gerência da interação com componentes específicos).

Especificações de Apresentação

O conceito principal no nível de execução é o de instanciação, que é uma apresentação de um componente ao usuário. Podem existir várias instanciações simultaneamente, cada qual com as respectivas instanciações de suas âncoras (denominadas *link markers*).

As especificações de apresentação são mecanismos pelos quais a informação sobre como um componente/rede do nível de armazenamento, que deve ser apresentado ao usuário, pode ser codificado na rede hipertexto no nível de armazenamento. A forma em que um componente é apresentado ao usuário pode ser uma função, não só da ferramenta específica de hipertexto que está realizando a apresentação, e também pode ser uma propriedade do próprio componente e/ou do caminho de acesso (ligação) usado para acessar aquele componente.

Uma sessão serve para controlar o mapeamento momento a momento entre componentes e suas instanciações. O usuário pode criar instanciações (*presenting*), editá-las, salvar modificações (*realizing*) e destruir instanciações.

A.2. Amsterdam [hardman94:cacm] [hardman95:using]

O modelo AHM (Amsterdam Hypermedia Model) combina o modelo Dexter com a possibilidade de:

- existência de tipos de dados multimídia no nível de armazenamento,
- inclusão e gerência de dados temporais, permitindo a associação de objetos componentes a canais (áreas de apresentação independentemente controladas),
- especificação de relacionamentos de sincronismo entre componentes através de ligações nos "composites" (nós compostos de outros nós e ligações),
- existência de atributos de apresentação de alto nível,
- incorporação de contexto de ligação ao modelo, ou seja, os dados e sua apresentação podem ser alterados, dependendo de quais ligações tenham sido navegadas,

- comportamento da apresentação de travessias de ligações que existem para dados não persistentes.

O AHM acaba por explorar a parte das especificações de apresentação do modelo Dexter, considerando a incorporação de mídia temporal. Assim, foram criados pontos de início de apresentação e arcos de sincronização, além das ligações. Nos arcos de sincronização é possível especificar restrições fortes de tempo ou tolerância e precisão.

Através dos canais é possível associar atributos comuns a vários componentes, como por exemplo volume ou tipo e fonte para texto. O contexto de ligação permite mudanças na apresentação.

O maior problema levantado em relação à gerência de dados temporais é a especificação de sincronismo intra e inter-componentes, para o qual o modelo Dexter não oferece nenhum mecanismo. Além disso, um problema difícil de resolver é a apresentação e seleção de âncoras em componentes com características temporais.

O componente passa a ser usado para construir uma apresentação, não somente para agrupar componentes afins para a navegação.

Âncoras podem ser usadas para suportar o estabelecimento de relações temporais, de maneira a permitir a sincronização de pontos internos a um componente.

O AHM pode ser visto como a junção dos princípios básicos dos domínios de hipertexto com multimídia, harmonizando autoria de multimídia distribuída através da extensão do conceito de nó para incorporar multimídia sincronizada. Nós de mídia simples mantêm sua identidade e podem ser usados em outros contextos, incluindo outros nós. As ligações podem apontar direto a nós aninhados.

O modelo é definido pelos próprios autores como não orientado a um domínio específico, mas é específico em forma, não endereçando qualquer tipo de semântica para o conteúdo de uma apresentação.

A.3. Tower Model [bra92:exte] [bra94:form]

Um dos objetivos do Tower Model é ser um modelo aberto que permita a inclusão de novos construtores. Para isso, dividem-se os construtores em dois níveis: os que correspondem aos aspectos fixos que todo hiperdocumento apresenta, considerados objetos de primeira classe (nós, ligações e âncoras), e os que correspondem aos aspectos variáveis e que podem ser estendidos; construtores que permitem, a partir de objetos mais simples, a

obtenção de objetos complexos. Um hiperdocumento é descrito utilizando-se uma quantidade de níveis de descrição, que não é fixa no modelo.

Existem três maneiras através das quais podem ser construídos objetos complexos:

- o objeto composto modela uma unidade complexa construída a partir de objetos mais simples e apresenta uma estrutura interna imposta por um construtor composto, não havendo a obrigatoriedade de ser um pedaço de hiperdocumento com nós, ligações e âncoras. Corresponde às diferentes estruturas de dados que podem ser obtidas a partir da agregação recursiva de estruturas mais simples e do uso de construtores convencionais - matrizes, registros, conjuntos, *bags*, etc., podendo ser diferentes para cada aplicação;
- a torre, que empacota todos os diversos níveis em que um objeto dentro de um hiperdocumento é descrito; esses níveis incluem, entre outros, o nível de descrição estrutural e o nível de apresentação visual, a dimensão temporal e o papel semântico;
- a cidade que junta múltiplas perspectivas de um objeto corresponde a um conjunto de torres.

Os elementos de uma aplicação hipermissão são considerados objetos com estado e comportamento. Porém, a abordagem orientada a objetos não é suficiente para o estabelecimento de um arcabouço para o projeto e construção de aplicações.

Objetos

Objetos podem ser nós, ligações ou âncoras. O valor de um objeto nó, ligação ou âncora pode ser um valor básico, um valor composto, um valor torre ou um valor cidade.

Considera-se uma coleção aberta de (tipos) de valores para nós básicos, de maneira que o conteúdo de um nó básico não seja visível ao sistema hipermissão e possa ser manipulado através de métodos específicos do nó.

O valor de uma ligação especifica o tipo de relacionamento entre nós. Para ligações básicas os valores são escolhidos em um dado domínio de relacionamentos.

Uma âncora básica representa uma localização em um nó de uma extremidade de uma ligação.

Objetos Compostos

Construtores compostos incluem rede (*network*), conjunto (*set*) e lista. Além de estabelecerem a estrutura de um objeto composto, incluem informação global e restrições sobre a coleção de seus elementos.

Os componentes de um objeto composto podem também ser compostos, sendo que podem existir, além de nós compostos, ligações e âncoras compostas.

Torres

Um valor torre é um mapeamento de um conjunto (fixo e finito) de rótulos a um conjunto de objetos do mesmo tipo (nós, ligações ou âncoras). Cada rótulo corresponde a um nível de descrição (de funcionalidade) em um hiperdocumento.

Como os objetos em cada nível podem ser complexos, um valor torre não é descrito como uma tupla de valores atômicos, mas como uma torre com níveis ou andares.

Correspondendo às estruturas compostas que aparecem no nível estrutural de um objeto composto existem descrições compostas nos outros níveis; por exemplo, um menu das apresentações dos componentes.

Cidades

Um valor cidade é um mapeamento de um espaço de parâmetros a um conjunto de objetos torre. O espaço de parâmetros é tipicamente um conjunto de nomes ou um tipo de dado.

Um objeto cidade (objeto com um valor cidade) descreve um conjunto de visões de um objeto de informação.

Estruturas Virtuais

Estruturas virtuais permitem a especificação de objetos através de procedimentos de computação que são ativados quando os objetos são acessados, criando processos para avaliar e dispor os objetos. A capacidade de ser virtual é vista como uma dimensão ortogonal a todos os construtores de modelagem. A linguagem em que as funções são especificadas é independente de construtores de modelagem estrutural.

Semântica de Navegação

O aspecto comportamental da interação do usuário com um hiperdocumento é parte integral da funcionalidade deste último. Há, portanto, a necessidade de construtores para a modelagem comportamental que permitam definir a semântica de navegação.

A semântica de navegação de um hiperdocumento, com sua rede sendo conhecida, envolve o conjunto de caminhos permitidos sobre a rede e a forma como se dá a passagem a partir de um ponto para outro. Além da semântica, deve-se especificar não somente o conteúdo do caminho mas também a aparência visual das partes do objeto composto no qual o usuário se move.

O modelo permite a navegação por ligações com acesso simultâneo a diferentes extremos. Também, é possível o uso do operador "zoom" para entrar e sair de objetos compostos, torres e cidades, além de operadores "switch" para mudar o nível de descrição de uma torre ou entre torres em uma cidade.

A.4. HDM [garzotto93:tois]

Hypertext Design Model (HDM) foi criado para auxiliar a autoria de sistemas com hipertexto, considerando o denominado "*authoring-in-the-large*", em relação ao estabelecimento de conjuntos de documentos e estilos de apresentação independentes de sistemas e implementação. O HDM é genérico e aplicável a qualquer formato para armazenamento de documentos e qualquer ferramenta responsável pela apresentação dos dados. O HDM permite a descrição e comunicação de muitos aspectos do projeto de um sistema hipermídia durante seu desenvolvimento.

Authoring-in-the-small é considerado o trabalho de estabelecer conteúdo, enquanto que *authoring-in-the-large* está relacionado à identificação de unidades e à sua colocação em um contexto (componente/entidade – organização/relacionamento).

Em HDM, uma aplicação consiste de estruturas de informação de tamanho apreciável, denominadas entidades, para denotar objetos físicos ou conceituais do domínio do problema. Uma entidade é uma hierarquia de componentes, que por sua vez são conjuntos de unidades. Cada unidade apresenta o conteúdo de um componente sob uma perspectiva particular, ou seja, diferentes apresentações do mesmo conteúdo.

Entidades são agrupadas em classes. Componentes constituem hierarquias e herdam o tipo da classe a que pertencem. As hierarquias de componentes e as perspectivas não apresentam significado semântico. É possível o compartilhamento de unidades, mas isto é desaconselhado.

As estruturas HDM podem ser inter-conectadas através de ligações, categorizadas em:

- estruturais, que conectam componentes pertencentes à mesma entidade;
- de perspectiva, que conectam unidades correspondentes ao mesmo componente;

- de aplicação, para denotar relacionamentos arbitrários dependentes do domínio e que conectam componentes e entidades.

As ligações de perspectiva e a maioria das ligações estruturais não necessitam ser explicitamente definidas pelo projetista, pois podem ser derivadas automaticamente. Algumas das ligações de aplicação também podem ser derivadas através de propriedades semânticas e são organizadas em tipos.

resultado dessa etapa é um esquema de classes e instâncias, no qual procura-se identificar classes "excepcionais" ou seja, classes que facilitem o desenvolvimento das próximas etapas.

Durante o projeto navegacional, um autor estabelece como o documento pode ser navegado pelo usuário. São projetados dois esquemas: o de classes para navegação e o de contextos para navegação. São classes para navegação os nós, as ligações e as estruturas de acesso. Primeiro, define-se quais são os "objetos navegáveis", ou seja, visões sobre as classes conceituais identificadas anteriormente. Em seguida, projetam-se contextos através da primitiva mais importante da metodologia, indicando qual informação é exibida e quais âncoras estão disponíveis quando se acessa um "objeto" em um contexto particular. Um contexto é induzido pelas classes para navegação, estabelecendo como os elementos podem ou devem ser visitados e em qual ordem, através de alguma estrutura de acesso.

A "estrutura" de navegação é complementada com a especificação das transformações de navegação que ocorrem quando da navegação de uma ligação, através de diagramas de navegação, derivados de diagramas de estado. O diagrama de navegação é complementado com uma série de predicados temporais através da especificação de propriedades desejadas sobre a classe, tal como a escolha de instâncias daquela classe.

A forma de apresentação do documento e de sua estrutura navegacional ao usuário é especificada pelo projeto de interface abstrata. Esta especificação é feita em termos independentes de implementação, usando construções que podem existir em uma larga variedade de "browsers".

O projeto de interface abstrata compreende a definição de quais objetos o usuário vai perceber, em particular, a maneira em os diferentes objetos de navegação aparecem, quais interfaces ativam a navegação, a forma como objetos multimídia são sincronizados e quais as transformações que ocorrem na interface. O modelo de interface abstrata é desenvolvido através de visões de dados abstratas (ADV), diagramas de configuração e diagramas ADV, também derivados de diagramas de estado.

Por último, os modelos navegacional e de interface abstrata são implementados através do mapeamento dos elementos projetados em elementos que podem ser obtidos em diversos ambientes de execução.

A.6. RMM [isakowitz95:cacm] [isakowitz98:extended]

Relationship Management Methodology (RMM) é a proposta de uma metodologia para projeto e implementação de aplicações hiperfídia na qual considera-se hiperfídia como o veículo para a gerência de relacionamentos entre objetos de informação.

RMM é baseado no modelo de dados HDM e seu sucessor HDM2 [garzotto93:tois], sendo mais indicado para aplicações que exibam um domínio de interesse com estrutura regular, ou seja, existem no domínio classes de objetos, relacionamentos entre essas classes e múltiplas instâncias de cada classe.

RMM provê primitivas para especificar como a informação é estruturada divididas em três perspectivas: domínio E-R, domínio RMD e acesso. No domínio RMD a primitiva "m-slice" permite modelar como a informação deve ser apresentada. As primitivas de acesso modelam a navegação.

A metodologia RMM é constituída de 9 passos:

- análise de requisitos,
- projeto E-R,
- diagrama da aplicação,
- projeto de entidades e de navegação,
- consolidação do diagrama da aplicação,
- projeto do protocolo de conversão,
- projeto de telas para interface com o usuário,
- projeto do comportamento em tempo de execução, e
- construção.

A análise do domínio usando a abordagem E-R ajuda a identificar relacionamentos importantes, através dos quais a navegação pode ser suportada. Considera-se natural nesta metodologia que relacionamentos de projeto estabeleçam caminhos de navegação.

O projeto de entidades basicamente determina como a informação nas entidades escolhidas serão apresentadas e acessadas. "M-slices" são definidos agrupando um ou mais atributos de uma ou várias entidades.

Ligações estruturais, que conectam pedaços de informação dentro da mesma instância, diferenciam-se dos relacionamentos associativos, que inter-conectam diferentes instâncias, geralmente, de diferentes entidades.

No terceiro e quarto passos projetam-se os caminhos que permitirão navegação e a inclusão de estruturas de acesso entre os "m-slices" já definidos. "M-slices" são naturalmente aninhados, permitindo reuso.

Âncoras existem para indicar a origem de ligações e são organizadas em tipos conforme os tipos das respectivas ligações ou conforme um grupo de tipos de ligações.

O HDM suporta a definição de classes de documentos e aplicações, chamadas esquemas. Também permite a distinção entre um documento e sua apresentação, pela especificação de uma base de dados com entidades, ligações e âncoras, denominada hiperbase, como um documento, independentemente de suas apresentações e de uma estrutura de acesso como uma seqüência de possíveis caminhos para navegar o documento em uma apresentação particular.

São usadas estruturas de acesso como índices e roteiros guiados para ajudar o projetista a simplificar o acesso a entidades na aplicação.

Extensões subseqüentes ao modelo HDM originaram o HDM2, através de novas primitivas de modelagem, como "slots", que transformam as entidades em "frames", e do uso de coleções multimídia para organizar a estrutura de navegação da aplicação.

HDM e HDM2 descrevem esquemas de representação, mas provêem pouca informação sobre os procedimentos para usar essas representações no processo de projeto [Isakowitz95:cacm].

A.5. OOHDM [schwabe95:abst] [schwabe96:syst]

Object-Oriented Hypermedia Design Methodology (OOHDM) é descendente direto do HDM, com construções relacionando conteúdo e apresentações a componentes de documentos, adotando a abordagem orientada a objetos. A metodologia estabelece quatro etapas de projeto, cada qual relacionada a um aspecto do desenvolvimento de hiperídia: projeto conceitual, projeto navegacional, projeto de interface abstrata e implementação. A maioria das contribuições da metodologia se relaciona às três últimas etapas de projeto.

Durante o projeto conceitual procura-se capturar a semântica do domínio de interesse da maneira mais neutra possível, sem enfatizar os tipos de usuários e suas tarefas. O

No passo projeto do protocolo de conversão usa-se um conjunto de regras para transformar cada elemento obtido anteriormente em um objeto da plataforma alvo.

No passo projeto da interface do usuário realiza-se o projeto de telas para cada elemento que aparece anteriormente.

Decisões sobre como se percorre ligações, história, "backtracking" e outros mecanismos de navegação devem ser implementados no penúltimo passo. Neste passo, considerando a volatilidade da informação, decide-se a implementação de ligações e nós de maneira dinâmica ou estática.

No passo para construção e teste ocorre um desenvolvimento em termos convencionais, mas não através de métodos convencionais.

A.7. SGML [isois8879] [newcomb91:cacm]

SGML, Standard Generalized Markup Language, é um padrão ISO para a definição de codificação textual para estrutura e conteúdo de documentos. É uma linguagem para definir classes de documentos estruturados, sendo sua primeira preocupação a estruturação lógica do documento através da adição de "markup" semântico às partes do conteúdo. Embora SGML não seja projetado especificamente para hipertexto, tem sido usado para especificar classes de documentos hipertexto e hipermídia (tais como HTML e HyTime).

O "markup" especifica quais partes do documento pertencem a qual componente semântico do documento (elemento SGML). Elementos podem conter outros elementos, texto, ou ambos, e têm associados o nome de um tipo (identificador genérico SGML). São associados valores às variáveis de cada elemento (atributos SGML). Existe, também, uma construção que permite a inclusão de arquivos em qualquer formato em um elemento (entidade SGML).

O "markup" pode, também, associar um identificador único a um elemento (atributo ID), para este poder ser referenciado (atributo IDREF, cujo valor é um ID de algum elemento no documento). "Markups" descrevem relacionamentos lógicos, e não atributos para apresentação do documento.

SGML apenas padroniza a meta-sintaxe através da qual é possível definir classes de documentos com um DTD (Document Type Definition), que define a estrutura de "markup" permitida na classe, essencialmente uma gramática de atributos. A sintaxe é expressa como um conjunto de elementos, cada qual com seu identificador genérico (*tag*), um conjunto opcional de atributos e seus tipos de dados e um modelo de conteúdo (que determina qual

tipo de dado ou outros elementos - recursivamente - pode ser colocado em cada elemento). SGML não tem um conjunto universal de *tags*; cada aplicação define o seu.

Um documento SGML é dividido em três partes diferentes:

- a declaração que especifica o conjunto de caracteres do documento, quais caracteres têm significado especial para o SGML e quais facilidades especiais são usadas;
- o DTD que especifica o tipo do documento e quais *tags* podem ser usadas;
- o documento com "markup", chamado instância de documento.

Componentes como título, parágrafo, notas de rodapé, etc. são denominados elementos SGML. Os elementos de um documento formam uma árvore ordenada (*parse tree*), cujas arestas representam relacionamentos "parte-de", as folhas são elementos atômicos de tipos diversos.

SGML permite referências para programas externos que processam os dados em uma entidade.

A falta de informação para "layout" no documento apresenta vantagens e desvantagens. A vantagem é que um documento SGML pode ser formatado e processado de diversas maneiras, tornando o SGML bastante poderoso e genérico. A desvantagem é que para poder ser usado como formato de troca, as partes comunicantes devem concordar com a interpretação dada ao DTD.

A.8. HTML [flynn95:www]

HTML, Hypertext Mark-up Language, é definida em termos do SGML e é um simples DTD. É um formato de documento para hipertexto distribuído e básico. É capaz de manipular ligações e formatação simples, embora haja uma contínua preocupação em estendê-lo, de maneira a torná-lo cada vez mais poderoso e flexível.

O HTML pode ser usado para representar documentos com hiperligações para os servidores de "news", "mail" e "browser". Além disso, menus de opções, resultados de consultas a bases de dados, estruturação simples para gráficos embutidos, visões da estrutura de navegação de corpos de informação podem ser suportados.

As ligações são implementadas como "tags" com atributos que indicam a localização, que pode estar no próprio documento ou em um documento externo.

Uma ligação é definida através de um mecanismo chamado URL, *Universal Resource Locator*. Este de fato é um endereço contendo três sub-endereços: uma definição de protocolo, um endereço de "host" (endereço IP) com um número de "port", e um nome de arquivo.

Atributos para referência de âncoras são o *source* (*src*) de um elemento de tipo *image* (*img*) ou o *href* de um elemento *anchor*. O valor do atributo *href* também pode referenciar uma porção de documento HTML, definida como o conteúdo de um elemento *anchor* com seu atributo *name* associado.

As ligações são estabelecidas através de âncoras e de seu atributo para referência de hipertexto (*href*). São unidirecionais e associam um único objeto de documento no extremo destino.

Uma construção com razoável poder de abstração é o "image map", no qual uma imagem pode ter várias de suas partes consideradas como âncoras origem, através das quais pode-se acessar diferentes âncoras destino.

O HTML é um formato usado na WWW (World Wide Web), que usa um modelo cliente-servidor, no qual o cliente é responsável pela formatação e apresentação de documentos HTML. Estabelece um espaço de navegação com uma única dimensão e ligações binárias.

Várias facilidades foram adicionadas ao HTML. Elas refletem uma preocupação em manter padronizadas várias técnicas desenvolvidas em ferramentas proprietárias e que estão mais relacionadas a aspectos de apresentação de multimídia e à interação. São elas na versão 3.2: suporte a tabelas, figuras com legendas e formulários para preenchimento para consulta a bases de dados remotas, engenhos para busca textual ou estrutural, índices por tópico, a linguagem para "scripts" multimídia Java portátil, além dos "browsers". Para a versão 4.0, que está em fase de especificação: "style sheets"; melhorias para tabelas e formulários; "frames"; internacionalização; objetos embutidos; impressão inteligente e suporte a deficientes.

A.9. HyTime [newcomb91:cacm] [newcomb95a:ieeemm] [newcomb95b:ieeemm]

HyTime, Hypermedia/Time-based Structuring Language, padrão ISO desde abril de 1992, é uma infra-estrutura padronizada para a representação de documentos integrados e abertos em hipermedia. É baseada em SGML e define construções para criar DTDs para documentos hipermedia. HyTime pode representar a estrutura de multimídia, ligação de hipertexto, hipermedia, além de documentos baseados em tempo e espaço (cronograma e

sincronização, ocupação espacial). Ligações podem apontar para documentos HyTime, bem como para outros tipos de documentos.

HyTime é uma coleção de construções semânticas associadas a convenções sintáticas cujo objetivo inicial era a criação de uma linguagem de descrição de música padronizada. É considerada mais uma arquitetura aberta do que um modelo de documentos, pois não especifica um único DTD, mas define construções que podem existir em documentos de diferentes DTDs.

HyTime define a funcionalidade de uma ferramenta que processa documentos aderentes a DTDs HyTime: o engenho HyTime. Este aceita a saída de um "parser" SGML, identifica e processa elementos e provê informação às aplicações. É impossível conseguir uma aplicação hipermídia provendo apenas um documento HyTime e o DTD ao engenho. Há necessidade, ainda, de uma aplicação que seja capaz de suprir, pelo menos, a semântica para "browsing" e o tratamento do conteúdo. Não existem capacidades específicas para integração com processos externos.

Objetos em um hiperdocumento HyTime podem ser documentos formatados e não formatados, segmentos de áudio e vídeo, imagens estáticas, etc. O projeto do HyTime reflete a visão de que todas as inovações tecnológicas para multimídia, hipermídia, gráficas e para áudio, independentemente de serem proprietárias, devem poder competir em um ambiente de mercado que seja capaz de acomodar qualquer combinação delas em qualquer produto de informação.

HyTime contém um conjunto de regras de como devem ser especificadas abstrações para dependências de tempo (e outras abstrações para dependências baseadas em medidas) e de como expressar ligações. A representação de tempo e espaço é a mesma; qualquer domínio mensurável é representado como um FCS (*Finite Coordinate Space*). HyTime permite o endereçamento de objetos em universos mensuráveis, através de suas posições nesse universo. Os universos devem ser limitados e mensuráveis em átomos contabilizáveis chamados quanta.

Objetos HyTime aparecem como eventos em um FCS e constituem uma caixa fronteiriça para o objeto, que tem um conjunto de especificações de dimensão, que por sua vez fazem parte de um escalonamento de eventos. O padrão estabelece como os eventos podem ser organizados e como podem ser escalonados.

HyTime é limitado com relação à apresentação e interação, sendo considerado incompleto para a descrição da maioria das aplicações hipermídia e multimídia atuais.

HyTime é projetado para ser usado modularmente; os módulos não são todos obrigatórios, exceto o módulo base e pelo menos um dos outros. Cada módulo compreende um conjunto de formas arquiteturais, que dão origem a DTDs:

- módulo base suporta funções utilitárias básicas - SGML, "hyperdocument management facilities", "HyTime identification facilities", formas para especificar expressões definidas pela aplicação (xenoforn), "coordinate addressing facility", formas opcionais para especificar políticas de acompanhamento de atividades e outras utilidades opcionais básicas;
- módulo de endereçamento de localização suporta a indicação de segmentos de informação - o endereçamento é basicamente realizado através do uso de uma referência ao identificador único (no nível do documento) de cada elemento; pode-se ainda criar elementos de endereçamento de localização baseado no identificador do elemento mais um identificador único (relativamente ao elemento); três tipos de endereçamento são suportados: por nome, por posição em um espaço de coordenadas e por construção semântica;
- módulo de hiperligação suporta a expressão de ligações, não transponíveis e transponíveis (hiperligações), âncoras e "webs" (conjunto de ligações) - cinco tipos de hiperligações existem em HyTime - "independent link", "property link", "contextual link", "aggregate location link" e "spanlink";
- módulo de medição suporta a expressão de extensões numéricas e/ou localizações de elementos em domínios mensuráveis, tais como tempo, espaço e "streams" de dados;
- módulo de escalonamento suporta a descrição de FCSs, cujas medidas e eixos correspondem a domínios mensuráveis arbitrários, e eventos (sub-espacos dentro de FCSs que contêm objetos de informação);
- módulo de fornecimento permite a criação de dois tipos especiais de construções para a projeção de eventos (usado para especificar como as posições e extensões de eventos em um FCS devem ser mapeadas em outro FCS, o de apresentação) e para modificação de objetos (que provê uma maneira de especificar a aplicação ordenada de modificadores de objetos; a modificação não tem impacto na posição ou extensão dos eventos).

Em comparação com MHEG, revisto a seguir, no HyTime não há preocupação em se representar elementos relacionados à interação e apresentação de conteúdo multimídia.

A.10. MHEG [meyer-boudnik95:ieeemm] [colaitis94:ieeemm] [price93:mheg] [isocd13522]

O padrão Multimedia and Hypermedia Information Coding Expert Group (MHEG), inicialmente, pretendia endereçar a representação codificada de objetos multimídia e hiperídia em forma final (início de 1989), que seriam trocados entre serviços e aplicações através de qualquer meio de troca de informação (mídia armazenada, LAN, "wide area telecommunication" ou redes "broadcast"). Os encarregados pelo MHEG têm apresentado uma preocupação maior em tratar a hiperídia para redes "broadcast", mais marcadamente como aquela da TV interativa.

O formato MHEG permite a expressão de relações espaciais e temporais, além de relações condicionais entre entidades e interatividade. Se adapta a tempo real e produz uma representação de informação em forma final, sem a necessidade de processamento adicional para reestruturar a informação antes da apresentação. Não define qualquer formato de conteúdo, aceitando o uso de qualquer formato padrão para conteúdo monomídia e permite a interação do usuário.

A parte 1 de MHEG descreve um conjunto de comportamentos que objetos conteúdo e de apresentação devem ter, utilizando a notação padrão ISO ASN.1 (*Abstract Syntax Notation 1*), não apresentando semântica de execução. Para cobrir esta falha, pretende-se que a AVIS (*Audio Visual Interactive Scriptware*) da parte 3 de MHEG incorpore especificações SMSL (*Standard Multimedia/hypermedia Scripting Language*). A parte 2 de MHEG prevê a definição da parte 1 utilizando SGML.

A parte 4, destinada a desaparecer, trata de procedimentos de registro para identificadores formais. Ultimamente, como uma reação à lentidão dos trabalhos de padronização e à sua abrangência, surgiu a parte 5, que é um subconjunto da parte 1 destinado a suportar a distribuição de aplicações multimídia em uma arquitetura cliente/servidor, orientada principalmente à TV interativa e aplicações semelhantes. A parte 6, complementando a parte 5, define uma interface e um ambiente de execução para um engenho de "scripts" em forma de máquina virtual, usando JavaVM. Finalmente, em andamento, existe a parte 7, que define especificações para teste de inter-operabilidade e adequação para engenhos e aplicações MHEG-5.

Os objetos MHEG são codificados usando ASN.1 (parte 1) ou SGML (parte 2) provendo uma base comum para outros padrões e aplicações.

Os vários níveis de troca de informação possíveis são:

OPE - *Other Protocol Element* (ASN.1, SGML, ...), externo ao padrão, mas necessário às aplicações compatíveis com MHEG

C - *Content Data* (MPEG, JPEG, JBIG, ...), que é monomídia e externo ao padrão, mas descrito e manipulável em objetos MHEG

- *Object MHEG* (assunto do padrão)

S - *Script* (C, C++, *scripting languages*, *document representation languages*, etc.), controlado mas não entendido nem definido no MHEG

Appl- *Application* (não é coberto no MHEG)

Diferentes classes MHEG podem ser usadas para especificar objetos inter-cambiáveis: objetos contendo informação monomídia, as relações entre objetos, o comportamento dinâmico de objetos (interatividade através de mecanismos de ligação básicos entre objetos de entrada e outros objetos) e a informação requerida para otimizar a manipulação tempo-real dos objetos.

Classe componente

A classe componente contém:

- ◆ objeto conteúdo é o dado propriamente dito, i.e., dado monomídia codificado (referência ou conteúdo) e informação para decodificar e apresentar; existe uma subclasse para suportar mídia multiplexada;
- ◆ objeto composto suporta a associação de objetos multimídia e "hipermídia" e tem duas partes - (a) a descrição de um relacionamento de componentes em termos de posição nos eixos de tempo e espaço e interação lógica ("ligação") e (b) a lista dos componentes (definição estrutural recursiva) descrevendo as possíveis interações do usuário;

⇒ objeto projeto é um atributo de apresentação associado a um objeto conteúdo ou objeto composto;

⇒ objeto básico é uma associação entre um objeto conteúdo e um objeto projeto.

Existe uma clara separação entre o objeto MHEG inter-cambiável, que contém a informação estrutural reusável (objeto modelo) e o objeto em tempo de execução para apresentação específica, que é uma cópia ou uma versão de um objeto modelo, que está pronto para ser apresentado. Uma apresentação de um objeto composto é denominada árvore ou composição em tempo de execução.

Classe comportamento

A classe comportamento contém:

- ◆ objeto ação é uma estrutura que especifica o controle para os comportamentos de objetos MHEG e apresentações, que atuam de acordo com os atributos deste objeto;
- ◆ objeto ligação MHEG especifica relações espaciais, temporais e condicionais entre objetos MHEG e apresentações, além de ações sobre os mesmos;
- ◆ objeto "script" que permite o encapsulamento de software externo executando em linguagem não MHEG, de acordo com o formalismo MHEG para identificação da linguagem e para a referência de objetos MHEG;
 - ⇒ objeto conjunto de ações condicionais especifica que ações devem ocorrer quando determinada condição é verdadeira.

Ações são mensagens que podem ser enviadas a objetos MHEG e abrangem controles para: preparação (disponibilidade), criação (instâncias de apresentação e "script"), apresentação (controle de progresso), fornecimento (de acordo com o tipo), interação, ativação (de "scripts") e obtenção de valores (de atributos, estado ou comportamento de objetos, instância de apresentação ou de "script").

Uma ligação MHEG estabelece um relacionamento entre uma ou mais fontes e uma lista de alvos, que consiste de condições associadas às fontes e ações a aplicar aos alvos, em caso de satisfação das condições. Fontes e alvos podem ser quaisquer instâncias de qualquer classe MHEG, incluindo ligações e ações. Objetos ação são usados em um objeto ligação para a descrição do efeito da ligação.

Classe descritor

A classe descritor provê a informação sobre os conjuntos de objetos inter-cambiados, necessária para facilitar a instalação e negociação de recursos.

Classe container

A classe container foi criada para permitir o intercâmbio de um conjunto de objetos sem qualquer ligação entre os mesmos.

Engenho MHEG

O MHEG estabelece pontos sobre processos que um engenho MHEG deve ter:

- o intercâmbio estabelece como os objetos são transmitidos através de um processo formatador, que prepara os dados, e um processo "parser", que entende os dados enviados;
- a classe preparação permite a manipulação de objetos para seu processamento em um engenho;
- o "make" cria instâncias de apresentação e de "scripts", disponibilizando-os para apresentação ou ativação;
- a apresentação permite ao usuário o controle de instâncias de apresentação;
- a interação estabelece como pode ocorrer a interação entre sistema e usuário através de seleção e modificação de instâncias de apresentação;
- a sincronização de ligação que permite a variação dinâmica da apresentação da instância de apresentação e da sincronização espacial e temporal;
- a ativação que é responsável pelas instâncias de "scripts".

A.11. PREMO [isolec14478] [herman94:premo] [herman96a:ieeemm] [herman96b:ieeemm]

PResentation Environment for Multimedia Objects (PREMO) é um padrão em desenvolvimento na ISO/IEC que tem por objetivo suportar a configuração, a extensão e a interoperação de e entre implementações PREMO.

PREMO suporta os requisitos para apresentação e interação de interfaces gráficas para usuários, controle em tempo-real para apresentação de gráficos dinâmicos e interativos (que variam em resposta a eventos externos); de informação com variação temporal; áudio analógico e digital; e vídeo. Permite a troca de informação em tempo-real entre aplicações cooperantes e provê objetos para controle de dispositivos audiovisuais.

O objetivo é prover um ambiente de programação geral que auxilie a promover objetos gráficos portáteis e aplicações multimídia. Não há preocupação com formato de documentos; a ênfase é com técnicas de apresentação. As implementações PREMO facilitam a geração de saída para dispositivos físicos, envolvendo mídias diferentes, e a entrada múltipla de dispositivos de entrada, além do controle de interação entre entrada e saída.

PREMO é constituído por quatro partes (até o momento): fundamentos com escopo, justificativas e conceitos; componente de fundação com tipos de objetos e não-objetos para construção, apresentação e interação com informação multimídia; componente de

modelagem, apresentação e interação que combina controle de mídia com modelagem e geometria; serviços para sistemas multimídia com uma infra-estrutura para a construção de plataformas computacionais para suporte a aplicações interativas com mídia baseada em tempo e distribuída.

A modelagem de uma apresentação de multimídia é descrita como uma série de transformações entre aplicação e operador, em termos de cinco níveis de abstração: construção, virtual, visão, lógica e realização.

Entre os assuntos tratados encontram-se: gráficos estáticos, animações, gráficos sintéticos, áudio, imagens paradas, vídeo e imagens em movimento, imagens em tempo-real.

O modelo de dados usado é derivado do modelo de objetos de OMG, fornecendo um arcabouço para a descrição de distribuição de maneira coerente. Toda implementação PREMO deve ser compatível com ORB, Object Request Broker, e COSS, Common Object Services Specification, de OMG.

O padrão PREMO é independente de qualquer linguagem, ambiente de desenvolvimento ou de execução e inclui interfaces para armazenamento externo, recuperação e intercâmbio de objetos multimídia.

Em uma implementação da especificação PREMO, a mesma apresentação pode ser exibida de diferentes maneiras e a mais apropriada é escolhida, sendo que a modelagem de sincronização utiliza processos concorrentes na forma de objetos ativos. Facilidades para suporte de comunicação não são endereçadas.

PREMO estende os conceitos desenvolvidos nos padrões *Computer Graphics Interface* (CGI^{A.2}), *Computer Graphic Metafile* (CGM^{A.3}) e *Programmer's Hierarchical Interactive Graphics* (PHIGS^{A.4}) a fim de cobrir os inter-relacionamentos requeridos para a movimentação de imagens multi-dimensionais.

Aplicações baseadas em PREMO têm a habilidade de armazenar, recuperar e intercambiar objetos de informação e definir estruturação específica para conjuntos de objetos.

PREMO apresenta sobreposições com os padrões MHEG e HyTime. Comparativamente, o PREMO é mais completo em relação aos serviços de percepção e manipulação. Como HyTime, PREMO se preocupa com um sistema de medidas e localização

^{A.2} CGI define uma interface para dispositivos e não uma para programação. Sua funcionalidade é definida de tal maneira que pode ser usada como uma estação de trabalho dentro de um sistema gráfico.

^{A.3} CGM é um formato para intercâmbio, independente de máquina e sistema operacional, que provê elementos para representar gráficos geométricos e "raster". CGM é um meta-arquivo para captura de figuras estáticas.

genérico. Como MHEG, PREMO se preocupa com operações para manipulação relacionadas com a preparação de uma exibição interativa (ver figura A.1).

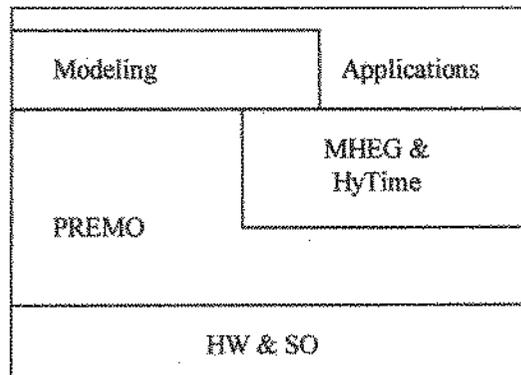


Fig. A.1 Interseção entre PREMO e MHEG & HyTime [herman96b:ieeemm]

PREMO complementa MHEG. Enquanto MHEG se preocupa com a manipulação computacional e pré-percepção, PREMO se preocupa com a construção, percepção e interação propriamente ditas. PREMO provê os serviços que podem ser usados para criar um engenho MHEG. Enquanto PREMO lida com objetos ativos, MHEG lida com dados.

A.12. ODA [appelt93:cjour] [karmouch96:ieeemm] [steinmetz95:mm]

ODA, Open Document Architecture, é um modelo para documentos multimídia hierárquico e orientado a objetos, projetado para permitir a transmissão em rede, exibição direta ou processamento de documentos em um típico ambiente de escritório, com sistemas abertos.

A principal característica do ODA é a distinção entre conteúdo, estrutura lógica e estrutura de layout, embora não sejam totalmente separadas (o "layout" usa a estrutura lógica e o conteúdo). ODA também define semântica.

Tipos de documentos são definidos como subclasses em uma hierarquia (chamada de descrição genérica). Um documento é considerado como uma coleção de objetos complexos ou básicos; os primeiros contêm outros objetos e os últimos contêm uma porção de conteúdo ou estão vazios. Porções de conteúdo são instâncias de objetos como parágrafos, observação verbal, etc.

Objetos são ou lógicos (seções, parágrafos, notas de rodapé) ou "layout" (formato de página, fontes, quebras de página) ou conteúdo (texto, imagem ou gráfico). A informação lógica (estrutura lógica) é a estruturação do conteúdo em termos de hierarquia e ordem (um

^{A.4} PHIGS é uma especificação, independente de máquina, linguagem, sistema operacional e dispositivo, para um conjunto de serviços destinados à exibição e interação com um modelo geométrico 3D.

capítulo pode ser visto como uma seqüência de seções, que, por sua vez, podem ser uma seqüência de parágrafos). A informação de "layout" (estrutura de "layout") organiza a aparência física (tamanho e posição) do conteúdo no meio de uma apresentação.

O conteúdo é organizado em porções de texto, imagens ou gráficos, sendo descritos, através da especificação do elemento, as possíveis funções de acesso e a codificação dos dados.

Um documento ODA é composto de uma descrição genérica, de uma descrição específica (estilo) e de um perfil.

A descrição genérica contém definições de quais objetos lógicos e "layout" existem (são regras que definem a classe de um documento) em conjunto com porções de conteúdo genérico ("logos", endereços comerciais). Descrições específicas organizam os objetos lógicos e "layout" em duas hierarquias: os estilos de "layout" e os estilos de apresentação. Os primeiros são associados com a estrutura lógica (especificando, por exemplo, que um cabeçalho e o parágrafo seguinte devem aparecer juntos na mesma página). Os últimos se relacionam com os aspectos de "layout" e de imagem do conteúdo, e são especificados para o nível mais baixo dos componentes lógicos e de "layout". Existem diferentes conjuntos de estilos de apresentação para diferentes tipos de conteúdo (espaçamento entre linhas e fonte para conteúdo de texto).

A descrição genérica contém um conjunto de regras de relação de correspondência, que descrevem como os objetos lógicos e "layout" se interrelacionam. Cada descrição específica contém um conjunto de relações de correspondência entre porções de conteúdo e estruturas de layout.

O perfil do documento contém rótulos tais como autor e data de criação, além de informação técnica, tal como quais estruturas estão presentes e quais padrões de codificação são usados para os diferentes tipos de conteúdo.

Documentos ODA podem ser transmitidos em formato final (formatado, não processável) para apresentação ou em formato de editoração (revisável ou processável). No primeiro caso apenas a estrutura de "layout" e o perfil são transmitidos. No formato para editoração a estrutura lógica necessita ser enviada. A transferência é do tipo cega: a origem não necessita saber nada a respeito do sistema receptor.

Existe um esforço em andamento para suprir ODA com mecanismos para suporte a dados audiovisuais, criando o denominado HyperODA. Para isso trabalha-se com: uma arquitetura para suporte a conteúdo de áudio; um suporte para que possa haver referências

entre documentos distintos; definição de relacionamentos temporais; e incorporação de alguns padrões para codificação de conteúdo, tais como H.261, MPEG-1 e MPEG-2.

A.13. Lange [lange90:form] [lange94:ano0]

Lange propõe um modelo formal para hipertexto, no qual um hiperdocumento é visto como uma base de dados que contém referências cruzadas ativas, permitindo o acesso não seqüencial aos dados. Nele os nós são identificados univocamente e apresentam atributos como o tipo, correspondente ao tipo do dado que contém (texto, ilustração, etc.).

As ligações também apresentam atributos, como o tipo, que correspondente ao tipo de informação que é apontada, permitindo ao usuário enxergar apenas um tipo de ligação de cada vez. As ligações podem ser binárias ou n-árias, com várias âncoras e um ou vários destinos, ou ainda apontarem para ligações, permitindo ao usuário o estudo das âncoras e destinos. Ligações n-árias com vários destinos podem ser percorridas em seqüência ("tour").

As ligações ativas contém âncoras ou destinos que são denotados através de funções, que são interpretadas no momento da navegação. O modelo, no entanto, não especifica o domínio para argumentos e resultados das funções.

É possível a cada usuário adicionar uma subrede particular ao hiperdocumento, refletindo seu ponto de vista sem interferência de outros usuários.

A estrutura de um nó é comparável a um registro. Alguns dos campos desse registro podem ser âncoras ou destinos.

É possível ter ligações a um nó ou a uma parte do nó. Para esse segundo caso existe o "handle", definido como uma seqüência consecutiva de caracteres dentro do conteúdo de um campo de um nó.

O modelo provê ainda outras estruturas para a organização de nós, como a hierarquia de nós, a estrutura conjunto (não ordenado de nós), a estrutura mapa (ordenado de acordo com algum nome) ou a seqüência (ordem preestabelecida de navegação). Essas organizações são na realidade constituídas por referências aos nós, permitindo o reuso dos nós em diferentes tipos de estruturas.

A.14. HMBS [turine98:hmbs]

HMBS, Hyperdocument Model Based on Statecharts, estabelece um modelo formal para a especificação de estrutura e semântica operacional de hiperdocumentos grandes e complexos, separando informação referente à estrutura organizacional e navegacional das

representações físicas do hiperdocumento. HMBS fornece um modelo estrutural e comportamental preciso e semanticamente rigoroso para a especificação de hiperdocumentos através do uso da técnica de statecharts.

Um hiperdocumento é definido em HMBS segundo uma organização hierárquica dos estados do statechart que representa sua estrutura organizacional e navegacional, estados esses que são associados a porções de informação, ou seja, páginas. Os eventos contidos nos rótulos das transições representam, respectivamente, as âncoras que disparam as possíveis ligações entre páginas, definindo, assim, os caminhos de navegação disponíveis para o leitor do hiperdocumento.

HMBS possui em sua definição três tipos de objetos: estruturais, navegacionais e de apresentação. A estrutura organizacional do hiperdocumento definida pelo statechart permite especificar os objetos estruturais, que são os estados, as transições e os eventos do mesmo. Os objetos navegacionais definem a estrutura navegacional e são as páginas, as ligações, ainda que não explicitamente formalizadas no modelo, e as âncoras. Os canais definem os objetos relativos à apresentação do hiperdocumento.

Os canais são classificados de acordo com o tipo de mídia que manipulam e pelos atributos de apresentação de alto nível e de coordenação espacial. O termo genérico "janela lógica" é usado para designar o conceito que os sistemas hiperdocumento implementam como repositório das informações na navegação. É possível a reutilização de canais para interpretar páginas com o mesmo tipo de mídia, permitindo que a apresentação das páginas do hiperdocumento durante a navegação seja padronizada e consistente. Isso não impede a criação de novos canais de apresentação para interpretar páginas de uma mesma mídia. Assim, uma única modelagem de apresentação pode ser usada para gerar diferentes versões, ou diferentes apresentações de um mesmo documento.

HMBS não é um método de desenvolvimento de hiperdocumentos e, tampouco, um modelo destinado a analisar os requisitos do domínio da aplicação e capturar a sua semântica. Para que o autor obtenha a especificação do hiperdocumento em HMBS, é desejável partir de um modelo ou um esquema conceitual que represente os objetos e os relacionamentos do mundo real. Após a especificação conceitual do problema, pode-se especificar os usos do hiperdocumento e as tarefas particulares a serem realizadas sobre o mesmo, atividades comumente realizadas durante uma fase de modelagem navegacional.

A.15. MCA [soares93:modelo] [soares95:nested]

O Modelo de Contextos Aninhados (MCA) é um modelo de dados hiperfídia genérico em conformidade com outros modelos de dados. Com relação à manipulação dos dados, MCA permite composições aninhadas de nós e ligações em concordância com o padrão MHEG. Com relação à interação do usuário, MCA está em concordância com o modelo de referência Dexter.

MCA apresenta três importantes características: permite a especificação de relacionamentos para sincronismo temporal de eventos dentro de documentos hiperfídia usando os tradicionais conceitos de âncoras e ligações; permite que elementos assíncronos estabelecidos, por exemplo através da interação com o usuário, sejam combinados com elementos síncronos, tais como a exibição de vídeo em um documento hiperfídia; separa a especificação de apresentação da definição estrutural de um documento hiperfídia.

As facilidades de sincronismo do MCA podem ser aplicadas a qualquer modelo hiperfídia com nós compostos com algumas pequenas simplificações, ou até mesmo a modelos conceituais sem nós compostos. Em particular, as facilidades de sincronismo podem ser aplicadas a aqueles modelos cujas modelagens podem ser mapeadas em objetos MHEG.

MCA é o modelo conceitual do sistema HyperProp, que é um protótipo que provê um ambiente para construção de aplicações hiperfídia.

Os métodos dos objetos de apresentação de MCA operam sobre o equipamento exibidor ou sobre objetos compostos e seus eventos. Os métodos são chamados quando uma lista de operações é processada. Métodos para análise de tempo controlam a ocorrência de eventos no tempo. Métodos de controle são usados para iniciar, parar, terminar e reassumir a apresentação de nós e para mudar o layout da apresentação. Métodos de controle também são usados pelo sistema para acelerar ou frear a taxa de exibição durante a exibição de um documento.

O conceito de ligação é reinterpretado como sendo uma asserção lógica sobre uma coleção de eventos, passando a ser uma relação entre um conjunto de eventos em um ou mais nós. Um evento ocorre quando o usuário seleciona uma região associada a uma âncora ou quando uma região associada a uma âncora é exibida. Existe também a ligação de sincronismo que é uma relação entre um conjunto de eventos de apresentação em um ou mais nós.

Em MCA o hiperdocumento é tratado como uma estrutura de dados passiva. O acesso, visualização e manipulação da estrutura organizacional do documento são especificados

através do modelo de apresentação através do qual é adicionada a informação necessária para a exibição.

Os mecanismos de navegação oferecidos são: em profundidade através da hierarquia de composição do documento, pelas ligações, por consultas, por "browsers" para contextos e por trilhas.

APÊNDICES

B. Categorização de Modelos Disponíveis

Neste apêndice é apresentada a categorização de sete modelos de dados. Entre estes encontram-se o modelo de referência Dexter; os padrões para documentos estruturados HyTime, HTML e MHEG; além dos modelos Tower, MCA e HMBS. Exceto pelos dois últimos, a categorização dos demais é objeto de um relatório técnico [tobar97:categ], que também inclui as metodologias OOHDM e RMM, que estão apresentadas no Capítulo 5.

As orientações e critérios usados para a produção da categorização que se segue encontram-se apresentadas no Capítulo 5, onde, basicamente, determina-se como deve ser feita a ocupação do Mapa de Categorização Abstrata, que é a ferramenta gráfica usada.

A seguir, além da ocupação gráfica para cada modelo de dados, são apresentados um contexto para cada modelo e observações que procuram explicar as motivações para a ocupação.

B.1. Dexter

O modelo de referência Dexter [halasz94:cacm] [leggett94:cacm] [grønbaek94:cacm] oferece uma visão dos dados em níveis de especificação, entre os quais existem "interfaces". Os níveis refletem, na realidade, a arquitetura de um sistema processador de hipermídia cujos componentes são independentes entre si: um nível se preocupa com a apresentação e interação do sistema com o usuário; o nível de armazenamento é responsável pela representação e semântica dos mecanismos hipermídia (componentes, âncoras e ligações); e o nível interno ao componente é o responsável pelo armazenamento do conteúdo em suas diversas codificações. Os três níveis em conjunto com suas interfaces são apresentados graficamente na Figura B.1.

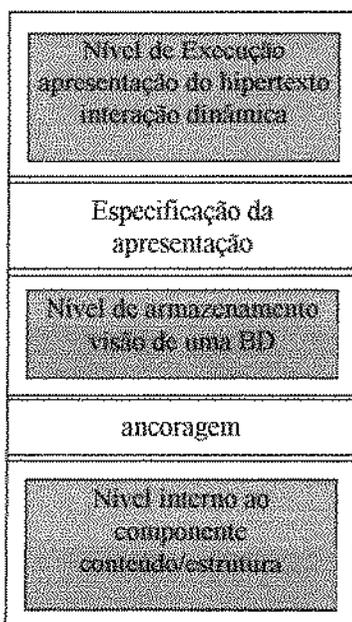


Fig. B.1. Modelo de Referência Dexter

A ênfase do modelo se dá no nível de armazenamento e nas suas "interfaces" com os outros dois níveis, ou seja, nas especificações de âncoras e especificações de apresentação. O modelo está orientado à descrição de hiperdocumentos, não hipermídia, o que representa a prática presente na época em que foi criado.

Mapa de Categorização Abstrata

O modelo de referência Dexter é um modelo abstrato, preocupado essencialmente com o serviço de navegação. Devido à sua natureza de independência com relação a assuntos de implementação e, mesmo, a sistemas proprietários (com modelos em níveis variados de abstração), é considerado essencialmente intermediário abstrato.

No modelo Dexter é flagrante a preocupação com mecanismos para percepção e uma pequena preocupação com aspectos comportamentais e de consistência e integridade. A ocupação do mapa de categorização abstrata acaba sendo praticamente pontual em dois serviços computacionais, o de navegação e o de percepção.

Tanto percepção como manipulação existem em função da navegação, marcadamente através das chamadas "interfaces" das âncoras e das especificações de apresentação.

Devido ao grau de detalhe em que uma modelagem pode ser especificada através do modelo Dexter, para a adequada implementação da aplicação, há a necessidade de outros modelos de dados. Assume-se que modelos como ODA e SGML sejam usados para a especificação da relação estrutura/conteúdo e, desta maneira, não há preocupação em se prover mecanismos nos níveis intermediário concreto ou físico. A razão para isso é a independência do modelo para detalhes e plataformas, tanto para apresentação como para representação e armazenamento de dados.

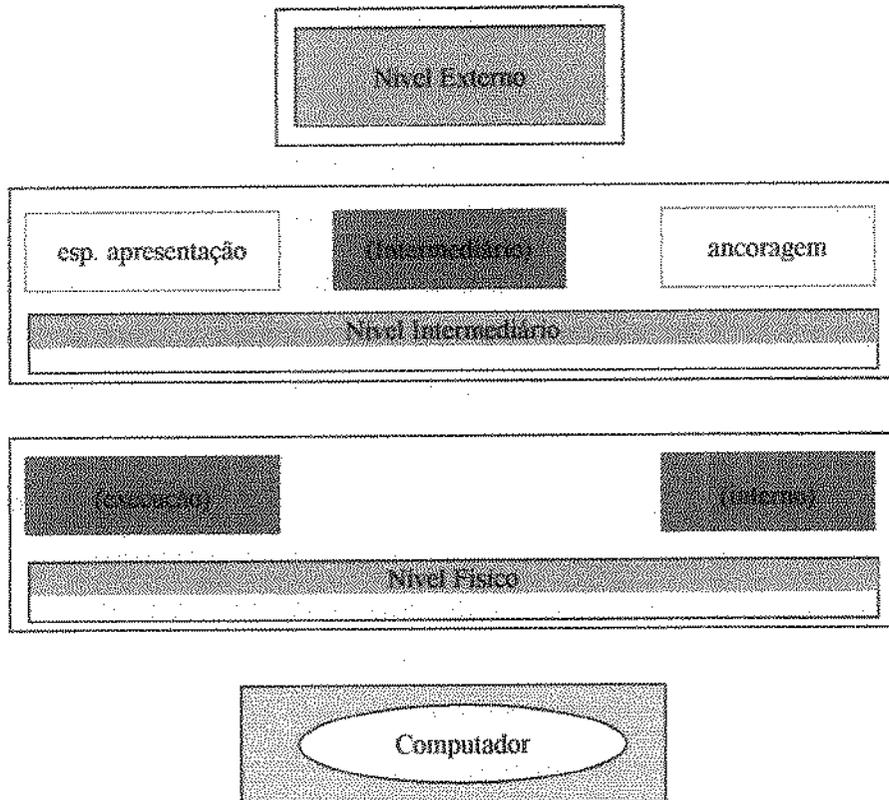


Fig. B.2. Modelo de Referência Dexter na visão da arquitetura ANSI/SPARC

O modelo de referência Dexter [halasz94:cacm] pode ser revisto sob o prisma tanto da arquitetura ANSI/SPARC quanto do Mapa de Categorização Abstrata, conforme a Figura B.2. Note-se que a visão gráfica originalmente vertical do modelo, apresentada na Figura B.1,

necessitou ser parcialmente posicionada na horizontal no nível intermediário (alto), nível de armazenamento e "interfaces", e seus níveis extremos separados e colocados no nível físico.

Nível Externo

O modelo de referência Dexter é declaradamente intermediário em relação ao nível das abstrações que usa. Portanto, não há nada nele que se relacione ao domínio de interesse. Conseqüentemente, não há preocupação com formas para especificar elementos de informação para diferentes aplicações de um ou vários domínios de interesse.

Nível Intermediário

A organização estrutural é descrita considerando a existência de conteúdo em estruturas básicas, constituindo componentes atômicos, além da possibilidade de:

- ◆ criação de hierarquias de sub-componentes, usando uma única abstração estrutural, a de "composite";
- ◆ pertinência de um sub-componente a mais de um componente;
- ◆ exploração de qualquer nível de abstração da estrutura como âncora;
- ◆ e especificação de atributos de propósito geral que, contudo, são apenas indicados como existentes, não sendo explorados no modelo.

Algumas funções computacionais e as especificações de apresentação permitem a localização e apresentação de conteúdo. As âncoras são tratadas como elementos que estabelecem a "interface" entre conteúdo e estrutura, sem nenhuma ligação direta com apresentação.

Âncoras são, basicamente, consideradas em relação ao conteúdo. Podem existir âncoras cujo valor indique uma subestrutura de um componente. São tratadas como especificadores de onde, na estrutura de hipertexto, se localizam os "conteúdos" dos componentes, através de um identificador que pode ser referenciado por ligações e um valor que indica a parte ancorada do conteúdo. Não se prevê a possibilidade de existirem âncoras sobre descrições comportamentais ou de restrições.

O aspecto comportamental é explorado de maneira muito tímida, apenas para a manutenção de invariantes no hipertexto. Devido à natureza do modelo Dexter, essa exploração é direcionada à modelagem estática, contemplando apenas operações para gerência de componentes e determinação de sua inter-conectividade. Não se relaciona com o domínio de interesse.

O aspecto relacionado a restrições é explorado em conjunto com o comportamento estático das características hipermídia, não permitindo a modelagem de restrições relativas ao domínio de interesse. As restrições contempladas ocasionam fortes limitações no modelo, tais como: impossibilidade do uso de recursividade na especificação de "composites"; impossibilidade de existirem ligações soltas em algum momento, mesmo que transitoriamente.

A apresentação resultante de uma navegação através de uma ligação ocorre no nível de componente(s) e sua(s) âncoras usadas como ponto de destino.

Não se considera como se deve especificar o tipo de mídia e a codificação que corresponde aos objetos no nível interno e referenciados no nível de armazenamento.

Existe um mecanismo relacionado a "objetos" que são percebidos pelo usuário; é o "perceptionContext" que estabelece um tipo de "seção", ou seja, uma área onde permanecem os "objetos" percebidos.

Nível Físico

Declaradamente o modelo Dexter está distante do nível físico e depende de mapeamentos e/ou conversões a outros modelos de dados de nível intermediário e físico.

Facilitadores de Mapeamento

Não há qualquer tipo de preocupação com relação a mapeamentos para modelos de dados de outros níveis de abstração.

Serviços Suportados

O modelo preocupa-se em prover os mecanismos de âncora, ligação e componente, além de outros mais sofisticados, mas não muito explorados, tendo em vista a navegação.

Ligações podem ser tipadas, desde que se utilizem atributos para isto, estáticas ou dinâmicas, com extremos múltiplos e de natureza diferentes (incluindo outras ligações e composites). Ligações n-árias são definidas mas não exploradas. Uma ligação é definida como um conjunto de especificadores, cada qual com sua direção, a identificação de uma âncora e uma especificação de apresentação. Apesar disto, não há uma orientação clara de como se ligam ligações ou composites, principalmente em relação à sua apresentação.

A existência de especificações para apresentação constitui a interface para um verdadeiro serviço de percepção. Alguns mecanismos de alto nível estão previstos para a realização da apresentação.

Com relação à outra interface, a da ancoragem, encontram-se preocupações que são tratadas em um serviço de preparação. Mais especificamente aquelas da localização e resolução de âncoras.

Pontos Positivos

- ◆ a independência entre registro de informação e organização estrutural, através das âncoras, permite que diferentes aplicações, fora do sistema gerente de hipermídia, tratem a localização dentro do conteúdo e o próprio conteúdo;
- ◆ a abstração da ligação independente do conteúdo e da apresentação, permitindo vários extremos origem ou destino ou ambos, com especificação estática ou dinâmica, é bastante poderosa;
- ◆ as especificações de apresentação independentes da apresentação propriamente dita, bem como do formato usado para armazenar os dados, permitem a separação entre apresentação e organização estrutural.

Outras Observações

É considerada a possibilidade da existência de múltiplos hipertextos em um "universo de discurso", havendo assim a possibilidade de reuso de conteúdo de componentes, mas a impressão que dá é a de se poder trabalhar apenas com um hipertexto de cada vez, não havendo a possibilidade de ligações entre hipertextos [leggett94:cacm].

Não há preocupação com o significado em nenhuma das dimensões, exceto pela possibilidade de associar palavras-chave a componentes, através de atributos.

Não há distinção entre componentes cujo conteúdo seja gerido pela hipermídia e aqueles cujo conteúdo seja gerido por aplicações específicas, ou seja, toda apresentação e toda recuperação fica obrigatoriamente por conta de alguma aplicação, cuja chamada para execução não é contemplada no modelo.

Não há no modelo a exploração de herança ou derivação de especificações de apresentação.

A semântica para um especificador em uma ligação cuja direção não é nem origem, nem destino, não fica clara, pois não permite navegação e requer algum tipo de gerente para ser explorado.

A estrutura implícita de um documento é representada da mesma maneira que relacionamentos entre conceitos, não permitindo uma distinção entre a estrutura imposta pela informação e a imposta pela aplicação.

Considera-se que o modelo Dexter sirva de base para o desenvolvimento de padrões para o intercâmbio e inter-operabilidade entre sistemas de hipertexto. É bom notar, que para que isto seja possível, a sua ocupação no mapa de categorização abstrata necessita aumentar.

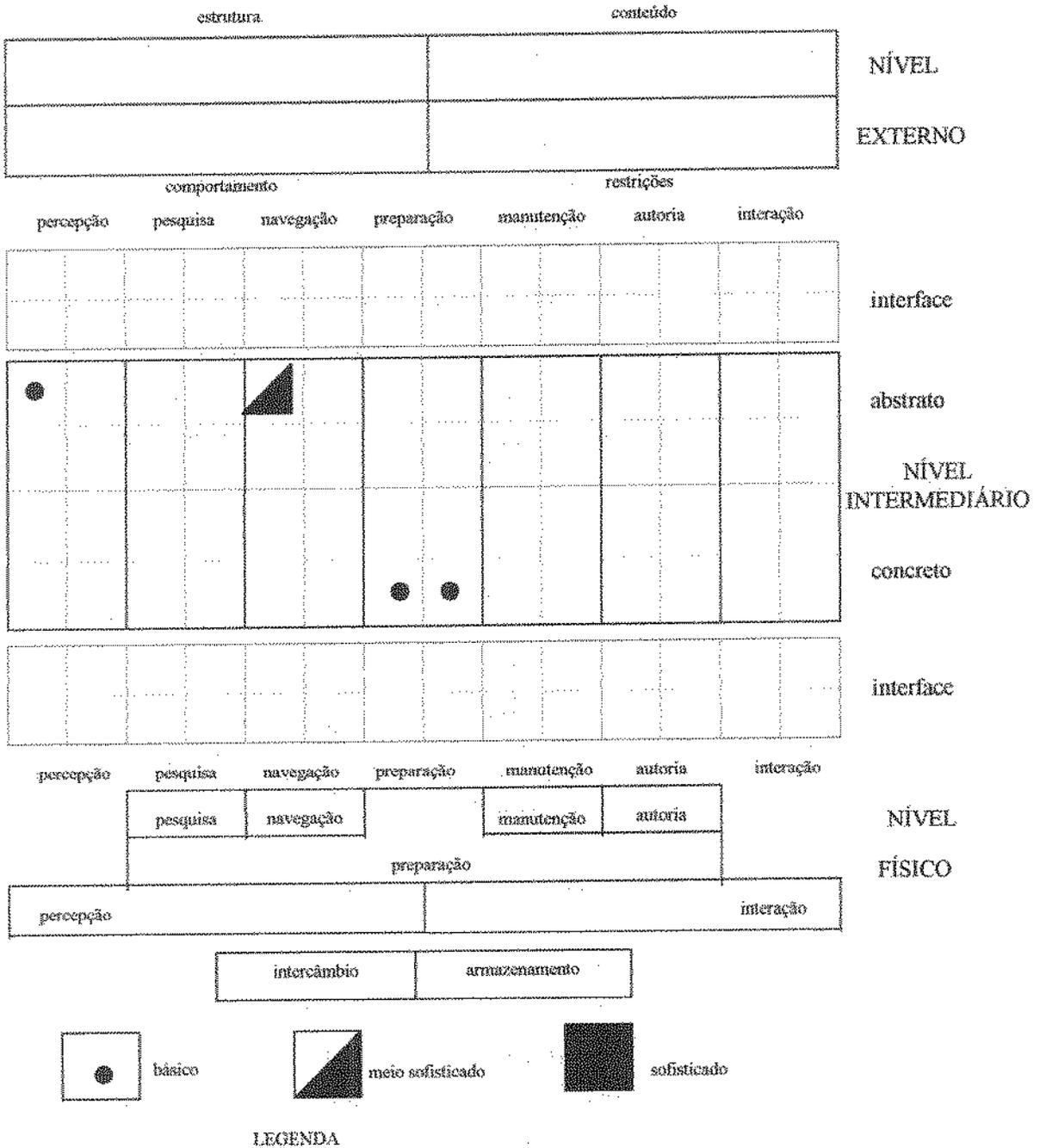


Fig. B.3. Categorização do Modelo de Referência Dexter

B.2. HyTime

HyTime, Hypermedia/Time-based Structuring Language [newcomb91:cacm] [newcomb95a:ieeemm] [newcomb95b:ieeemm], é um padrão ISO com o objetivo de propiciar a especificação de como certos conceitos considerados universais para documentos estruturados com hipermídia podem ser representados usando SGML. A ênfase fica por conta da especificação de localização de elementos, para sua associação através de hiperligações, e a colocação e inter-relação espacial e temporal de objetos de documentos, considerando espaços de apresentação, essencialmente do ponto de vista estrutural. HyTime é, segundo Koegel [koegel92:visual], um modelo de dados "lógico".

HyTime está especificado com vistas à implementação de um "engenho" capaz de interpretar as especificações HyTime, identificadas por um "parser" SGML no documento, e de interagir com uma aplicação. Sua destinação principal é a indústria de publicação de informação digital, mais especificamente naquilo que se relaciona ao intercâmbio de informação hipermídia.

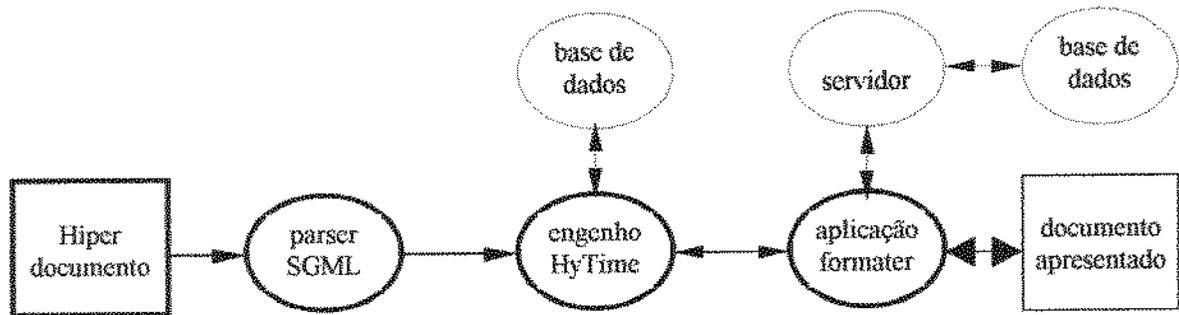


Fig. B.4. Esquema de apresentação para HyTime

HyTime pode ser visto como uma meta-linguagem para a definição de um número arbitrário de tipos de documentos multimídia, implicando um modelo de dados destinado a documentos hipermídia baseados em tempo. HyTime estende SGML pela definição de composições que representam estrutura hipermídia. Destina-se a ser usada como infra-estrutura para intercâmbio de informação independente de plataforma e para aplicações hipermídia com e sem necessidade de sincronização. A especificação do conteúdo dos dados segue o padrão SGML.

O padrão HyTime efetivamente estende SGML no que tange características hipermídia, assim, o aspecto estrutural fica coberto pelo SGML para a definição de DTDs de documentos estruturados. SGML provê sintaxe para a representação de objetos de

informação como elementos lógicos e entidades físicas e organiza informação em estruturas hierárquicas chamadas documentos. HyTime adiciona um conjunto de semânticas de uso particular para hipermídia, usando as formas estruturais SGML para sua representação, porém essas especificações não podem ser consideradas estruturais, mas apenas indicativos da existência de elementos que necessitam ser tratados por um engenho HyTime.

Mapa de Categorização Abstrata

HyTime ocupa o mapa de categorização abstrata de maneira bem próxima à ocupação do modelo de referência Dexter, ou seja, sua ênfase acontece em relação à apresentação e à navegação. Porém, o nível de abstração presente é mais baixo.

HyTime, apresentando uma arquitetura SGML, complica o processo de autoria, devido à necessidade de distinção entre construções relativas à arquitetura e ao documento e, também, devido à dificuldade de se perceber a semântica de tais construções, a estrutura sendo representada e o quanto HyTime contribui para a mesma. O nível de abstração suportado, sendo razoavelmente baixo, foi utilizado como motivação para a proposta de um conjunto de modelos gráficos para HyTime [rutledge96:eval], que permitem a comunicação separada da arquitetura e do conteúdo do documento ao autor.

HyTime não se preocupa com codificações multimídia de conteúdo, mas define um conjunto de formas arquiteturais para a especificação de DTDs para hipermídia, cada uma das quais especifica como um tipo de elemento SGML pode ser definido em um DTD, cujas instâncias contêm informação relacionada a certos conceitos HyTime ou grupos de conceitos; essas formas constituem um meta-DTD que governa como um DTD em conformidade com o HyTime pode ser construído.

Autores usando HyTime preocupam-se com o desenvolvimento de estruturas de documentos o mais genéricas e independentes de apresentação, de maneira a se obter a mais variada quantidade de situações para apresentação, navegação e processamento.

HyTime não define qualquer mecanismo para integrar "scripts" de aplicações ou para definir atributos de interação ou apresentação. Tem suporte limitado para associar semântica para "browsing" com a estrutura do hiper-grafo.

HyTime destina-se a ser um formato de troca para aplicações hipermídia, mas não provê padronização para objetos multimídia.

Nível Externo

Em nenhum instante há a preocupação com o domínio de interesse ou nas diversas possibilidades de registrar elementos desse domínio ou de vários domínios para diferentes

aplicações. A ênfase é com a "estruturação" (algo além de organização estrutural) de documentos.

Nível Intermediário

A definição estrutural de apresentações, em termos de espaço e tempo, pode ser realizada através de um sistema de coordenadas e medidas, bastante genérico e flexível. Apesar disso falha em não considerar sincronismo relativo entre objetos.

O aspecto comportamento não é considerado diretamente por HyTime (ou por SGML).

O aspecto relacionado com restrições quase não é coberto no padrão HyTime, pelo menos não em relação às ligações. A exceção é o mecanismo de "activity tracking" que permite o monitoramento do uso de um documento. Reconhece-se, porém, que em uma implementação deve existir um módulo de validação e verificação de erros [koegel93:hyoct].

Nível Físico

Como HyTime destina-se a ser um formato para intercâmbio, está distante, mas não muito, do nível físico e depende de mapeamentos e/ou conversões a outros modelos de dados de nível intermediário e físico (preferencialmente). Isto, supõe-se, é alcançado através do desenvolvimento do "engenho" HyTime e do uso de "parsers" para SGML.

Facilitadores de Mapeamento

O mecanismo de "activity tracking" permite a notificação de que atividades estão sendo executadas em partes de um documento. Oferece, assim, a base para o tratamento de segurança ou de outro tipo de restrição.

O mecanismo de localização por consulta estabelece um "gancho" para a realização de pesquisa, porém o mesmo não é explorado para isso, mas sim para localização de conteúdo, com vistas primeiramente à apresentação e à navegação.

A possibilidade de chamada de programas ou do uso de "scripts" é uma forma de se possibilitar o tratamento da interação no nível físico.

Os mecanismos usados para a especificação de escalonamento e fornecimento de conteúdo facilitam a implementação de serviços de apresentação.

Serviços Suportados

Em HyTime uma âncora é denominada localização de documento ("document location") e tem como significado uma seção de dado que é designada como um extremo de alguma hiperligação. A existência de âncoras depende de estar designada em uma hiperligação.

A localização de elementos em HyTime, possíveis âncoras, pode se realizar diretamente por nome, relativamente por posição em um espaço mensurável e por construção semântica (valor de um atributo ou por intermédio de uma aplicação). HyTime admite que alguns dos objetos que podem ser referenciados abrangem, além de conteúdo codificado, programas (para mediar uma interação, por exemplo) e "scripts" (estruturais para HyTime).

As construções para ligações são bastante poderosas, permitindo desde navegação de ligações n-árias até ligações dinâmicas, baseadas em consultas HyQ, sobre propriedades de objetos HyTime, que produz ligações dinâmicas e consiste em uma forma de localização. HyQ é uma linguagem funcional restrita que retorna listas de elementos estruturais.

Em um ilink, ligação independente que constitui o tipo mais genérico de ligação, com múltiplos extremos, pode-se restringir a direção de travessia entre objetos. Quando usado em conjunto com certas construções para endereçamento de localização, pode-se definir uma seqüência em cascata de hiperligações que podem ser navegadas, uma de cada vez ou todas ao mesmo tempo, fornecendo, assim, um mecanismo para ajudar no problema de "perdidos no espaço".

Existe a possibilidade de referenciar objetos externos e que poderiam pertencer à modelagem de outro documento, porém não existe forma de indicar que isso está acontecendo. A visão da modelagem é em relação a um único espaço de navegação.

Relacionado à apresentação, existe a possibilidade de especificar o escalonamento de objetos e o controle do fornecimento desses objetos. As lacunas na especificações da apresentação, em relação a detalhes de "interface" do usuário, de interações e linguagens de consulta, são tantas que existem propostas para uso de HyTime com outros modelos que suprem essas deficiências [rutledge97:gene].

Pontos Positivos

- ◆ A possibilidade de realizar diferentes formas de endereçamento: por nome, por posição e um espaço de coordenadas e por construção semântica, oferece bastante flexibilidade.

- ◆ A previsão de endereçamento por posição para "strings", "tokens", nós em uma árvore, caminhos em uma árvore e FCS.
- ◆ O uso do mesmo mecanismo para estabelecer escalonamento e fornecimento de objetos para apresentação, como para localização e extremos de hiperligações.
- ◆ Os mecanismos previstos para navegação são bastante poderosos.

Outras Observações

O uso de HyTime implica na inclusão de "markups" nos documentos, uma vez que ele é uma linguagem baseada em SGML. Isto inibe a possibilidade de se armazenar âncoras e ligações associativas independentemente do conteúdo propriamente dito.

Pode-se considerar que o HyTime oferece um certo grau de independência entre as especificações para apresentação e navegação e as suas possíveis implementações. Porém, as especificações não ficam separadas, comprometendo seriamente essa separação de assuntos.

Não há preocupação com a incorporação de significado, exceto pela possibilidade de usar os atributos SGML para indicar alguma semântica à aplicação.

O uso de "markup" previne que dados pertencentes ao sistema fiquem disponíveis a outros sistemas e que os dados destes outros sistemas não possam participar de hiper-espacos, a não ser como "caminhos sem saída". Interessante notar que o tratamento de imagens não é realizado da mesma maneira que o de texto, havendo separação entre conteúdo e âncoras.

A tarefa de permitir a visualização dos caminhos disponíveis para navegação pelo usuário, também, fica comprometida devido à junção dos "markups" ao conteúdo.

A forma como se realiza a especificação via HyTime permite o uso de tipos, porém não de herança ou derivação.

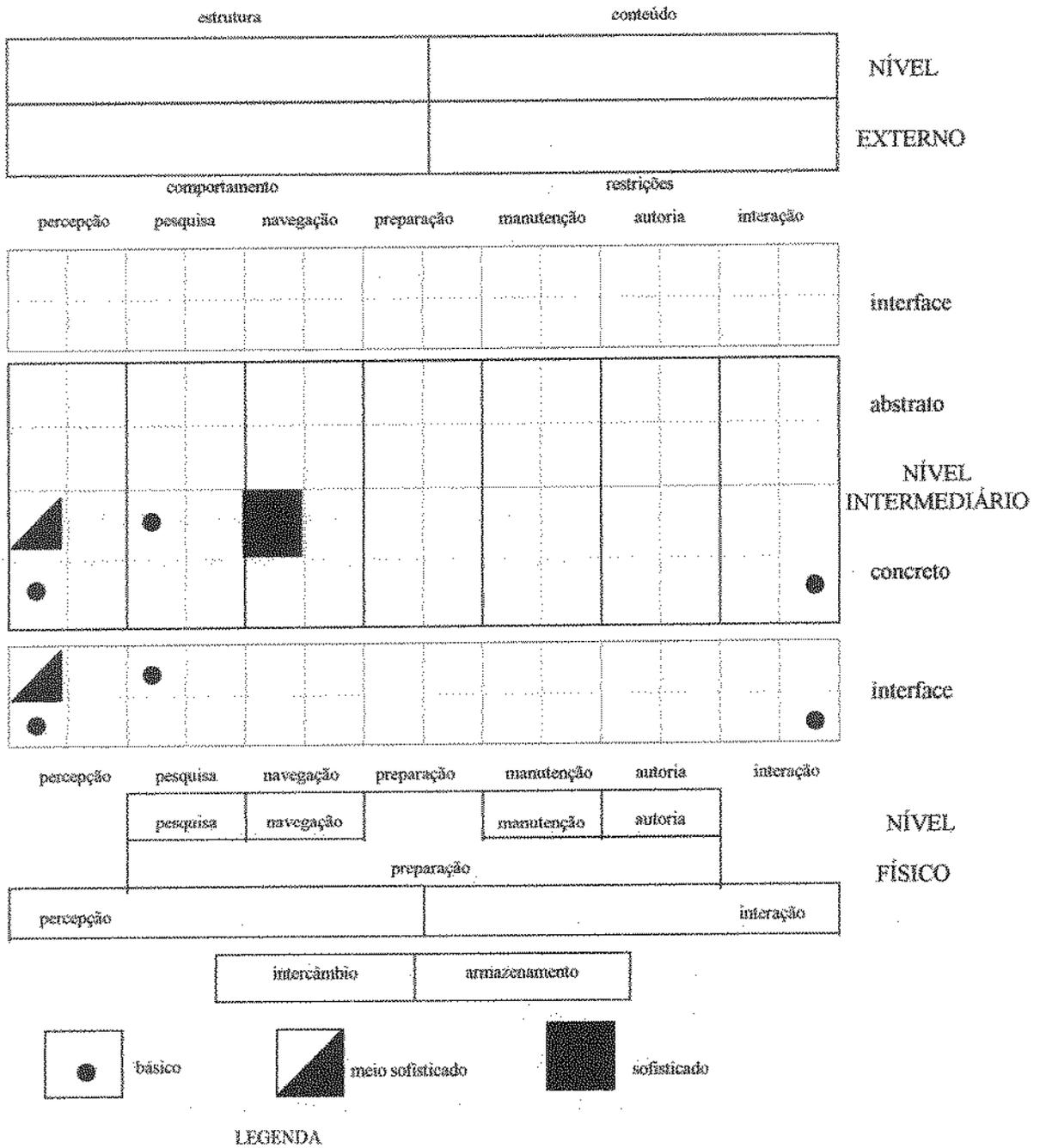


Fig. B.5. Categorização do Modelo HyTime

B.3. MCA

O MCA, Modelo de Contextos Aninhados [soares93:modelo] [soares95:nested] [soares97:autoria], apresenta um modelo conceitual hipermídia que suporta a especificação de relações temporais e espaciais entre nós, suporta grupo de versões, permite a exploração e gerência de configurações alternativas, mantém o histórico do documento, suporta trabalho cooperativo e provê propagação automática de mudanças de versões. O conceito de contexto de versões é usado para agrupar nós que representam a mesma versão de um objeto em algum nível de abstração.

No MCA um hiperdocumento é tratado como uma estrutura passiva em conformidade com o padrão MHEG. Porém, considera-se que o sistema de suporte fornece ferramentas para o acesso, visualização e manipulação da estrutura organizacional dos dados. Para isso, no MCA existe um modelo de apresentação além de mecanismos para navegação.

Mapa de Categorização Abstrata

Existe uma realização do modelo MCA através de um ambiente para autoria e formatação temporal denominado HyperProp.

O processo de autoria de documentos hipermídia no HyperProp é apoiado em três diferentes visões: a visão estrutural onde se considera a edição da estrutura do documento em relação a nós, relacionamentos e composições; a visão temporal onde se especificam relacionamentos temporais entre os componentes de um documento, permitindo a definição de posições relativas no tempo; e a visão espacial onde se permite a definição de relacionamentos espaciais entre componentes de um documento, permitindo o estabelecimento das características de apresentação em um determinado dispositivo e em um determinado instante do tempo.

A abrangência do MCA em relação ao Mapa de Categorização Abstrata se dá no sentido dos diversos serviços que são atendidos: navegação, apresentação, preparação e autoria. Dos modelos categorizados, o MCA é o único com suporte de mecanismos especificamente voltados à autoria. Em termos de abstração, o MCA é intermediário cobrindo tanto o subnível abstrato como o concreto.

Nível Externo

O modelo MCA não apresenta preocupações com domínios de interesse. Um processo de autoria se inicia através da consideração de navegação e percepção de dados.

Nível Intermediário

O MCA se propõe a tratar a representação de conceitos estruturais, eventos e relacionamentos entre dados, assim como regras de estruturação e operações sobre os dados para manipulação e atualização de estruturas.

Entre os mecanismos suportados pelo MCA destacam-se aqueles que permitem a definição de diferentes visões de um mesmo documento, organização hierárquica e definição das relações de referência independente do conteúdo.

Nós de composição aninhados constituem o ponto central do MCA e permitem composições aninhadas de nós e ligações, separando a estrutura dos documentos contida nas ligações e nas âncoras do conteúdo contido nos nós. A classe nó de composição pode ser especializada nas classes nós contexto e trilha.

Uma trilha contém uma lista ordenada de nós que representam caminhos navegacionais pré-definidos. Enquanto um nó contexto contém ligações, nós terminais, trilhas e nós de contexto, com nenhum elemento repetido. A recursividade permite o aninhamento em níveis variados de profundidade e o reuso de um contexto. Um nó contexto permite especificar mecanismos de agregação, hierarquia e visão.

O conceito de evento como sendo a exibição de um nó é usada como em MHEG, sendo estendido em MCA através da introdução de eventos de seleção e atribuição. Eventos têm estado, diferente do estado dos nós. Toda definição de condição e ação é baseada no estado dos eventos.

Ligações estabelecem relações entre eventos e não entre âncoras de nós. A necessidade de especificação de mudanças comportamentais durante a exibição de um documento, bem como a necessidade de se permitir várias apresentações diferentes para um mesmo nó, levou à definição do conceito de descritor. Um descritor estabelece as associações entre eventos e as operações de mudança de comportamento.

O MCA também suporta extensões para acomodar a noção de estruturas virtuais (conteúdos de nós, âncoras e elos), isto é, estruturas que resultam da avaliação de alguma expressão.

Uma vez que o modelo permite que um mesmo nó esteja presente em diferentes composições e que composições sejam aninhadas em qualquer profundidade, é necessário que exista uma forma de identificar sob qual seqüência de composições aninhadas um dado nó está sendo acessado e quais elos de fato alcançam este nó a partir do aninhamento. Estas noções são capturadas pelo conceito de perspectiva de um nó.

A apresentação de um hiperdocumento se realiza de acordo com o modelo Dexter, em que se estabelece a instanciação de um componente para sua apresentação. O conceito de sessão equivale àquele da base privada. Uma especificação de apresentação contém informações para a apresentação de uma entidade, em particular define métodos para exibição ou edição.

Nível Físico

O objetivo do sistema HyperProp, realização do modelo MCA, é fornecer um ambiente para a construção de aplicações hipermídia através de uma biblioteca de classes que reflete seu modelo conceitual.

Modelos de dados próximos da execução da máquina devem ser usados nas estruturas internas dos módulos que constituem a arquitetura funcional do sistema HyperProp. Assim, considera-se que existam interfaces bem definidas para realizar a integração das abstrações suportadas pelo MCA em realizações de uma plataforma computacional.

Facilitadores de Mapeamento

A implementação do HyperProp foi realizada sobre uma plataforma UNIX, usando a linguagem C++; rotinas de um editor de grafos compostos que fornece o layout automático de grafos e recursos de animação; além de ferramentas portáteis para a construção de interfaces.

Apesar de haver a implementação e o estabelecimento de interfaces entre os módulos da arquitetura do HyperProp e da plataforma computacional, não foram detectados facilitadores de mapeamento entre os construtores suportados pelo MCA.

Serviços Suportados

A ênfase do modelo se concentra em assuntos relacionados com os serviços de autoria, navegação, percepção e preparação. Existe, ainda, a exploração de serviço de pesquisa visto como forma de navegação.

Os mecanismos de navegação oferecidos pelo MCA são: em profundidade através do aninhamento dos nós de composição; pelas ligações; por consulta baseada nas características de um nó; browsers para contexto que oferecem visões do hiperdocumento; e trilhas que estabelecem caminhos pré-estabelecidos.

Através do conceito de evento pode ser realizada a preparação da apresentação de um nó de composição. Entre os estados previstos para um evento encontram-se: dormindo, preparando, preparado, ocorrendo e suspenso. Inicialmente um evento encontra-se dormindo.

O mesmo entra no estado preparado quando algum processamento de busca das unidades de informação é realizado. Ao término desse processamento, o evento entra no estado preparado. Ao iniciar o evento, sua exibição por exemplo, o mesmo passa ao estado ocorrendo. Essa ocorrência pode ser suspensa.

Um elo é uma asserção lógica sobre uma coleção de eventos. Os relacionamentos entre eventos associados a um elo são expressos através de um ponto de encontro, que é uma especialização da classe "script". Um objeto script possui um conteúdo e uma seqüência ordenada de operações. Um ponto de encontro é um script contendo uma única operação composta por uma condição e uma ação. Se a condição é satisfeita, a ação associada é disparada. Exemplos de ações são: inicia, suspende, reassume, termina, prepara, ativa, habilita, inibe, aguarda e atribui.

O MCA permite que o sincronismo de uma apresentação seja opcionalmente especificado através de um script.

Em relação à autoria, o MCA permite o controle de versões, explorando configurações alternativas, através da criação de nós de contexto alternativos, contendo o mesmo conjunto de nós, mas refletindo diferentes visões do mesmo documento.

A manutenção da história de um documento, bem como para resolver o problema de atualizar referências automaticamente, é realizada através de uma classe especial de nós de contexto que representam versões de um mesmo objeto. Através de elos é possível capturar explicitamente o relacionamento de derivação.

Para a obtenção de trabalho cooperativo deve-se utilizar as classes de hiperbase privada e hiperbase pública. Instâncias das quais estabelecem um espaço de trabalho público e um privado. Operações de check-in e check-out são usadas para mover nós de uma base privada para uma pública.

Pontos Positivos

- ◆ o MCA combina a flexibilidade do hipertexto com mecanismos de organização estrutural visando evitar o problema da desorientação do usuário;
- ◆ a possibilidade de referência independente do conteúdo propicia o reuso dos dados sem a herança obriatória das relações estabelecidas;
- ◆ o conceito de contexto aninhado, além de ser bastante poderoso, propicia o seu uso em várias aplicações relacionadas com versões e trabalho cooperativo;

- ◆ o uso da orientação a objetos para a implementação das classes que permitem o suporte aos diversos serviços.

Outras Observações

O MCA e sua realização sofrem a influência do MHEG nas questões relacionadas à preparação da apresentação e do modelo Dexter naquelas relacionadas às especificações de apresentação.

O MCA constitui ao lado do OOHDH e do RMM outro conjunto de modelos de dados, porém diferentemente destes sua abrangência não propicia o estabelecimento de um desenvolvimento gradativo.

O MCA apresenta uma constante evolução, inicialmente preocupada com estruturação para navegação, posteriormente com autoria e, mais recentemente, com preparação de apresentação nas questões de sincronismo temporal e espacial.

O aspecto relacionado com restrições não é explorado, o mesmo ocorrendo com o aspecto conteúdo.

Apesar de ser possível encontrar literatura sobre o MCA na qual os serviços cobertos são explorados de maneira independente, formalmente há uma separação entre estruturação para navegação daquela para percepção, sendo que nesta última há também separação entre as questões temporais e as espaciais.

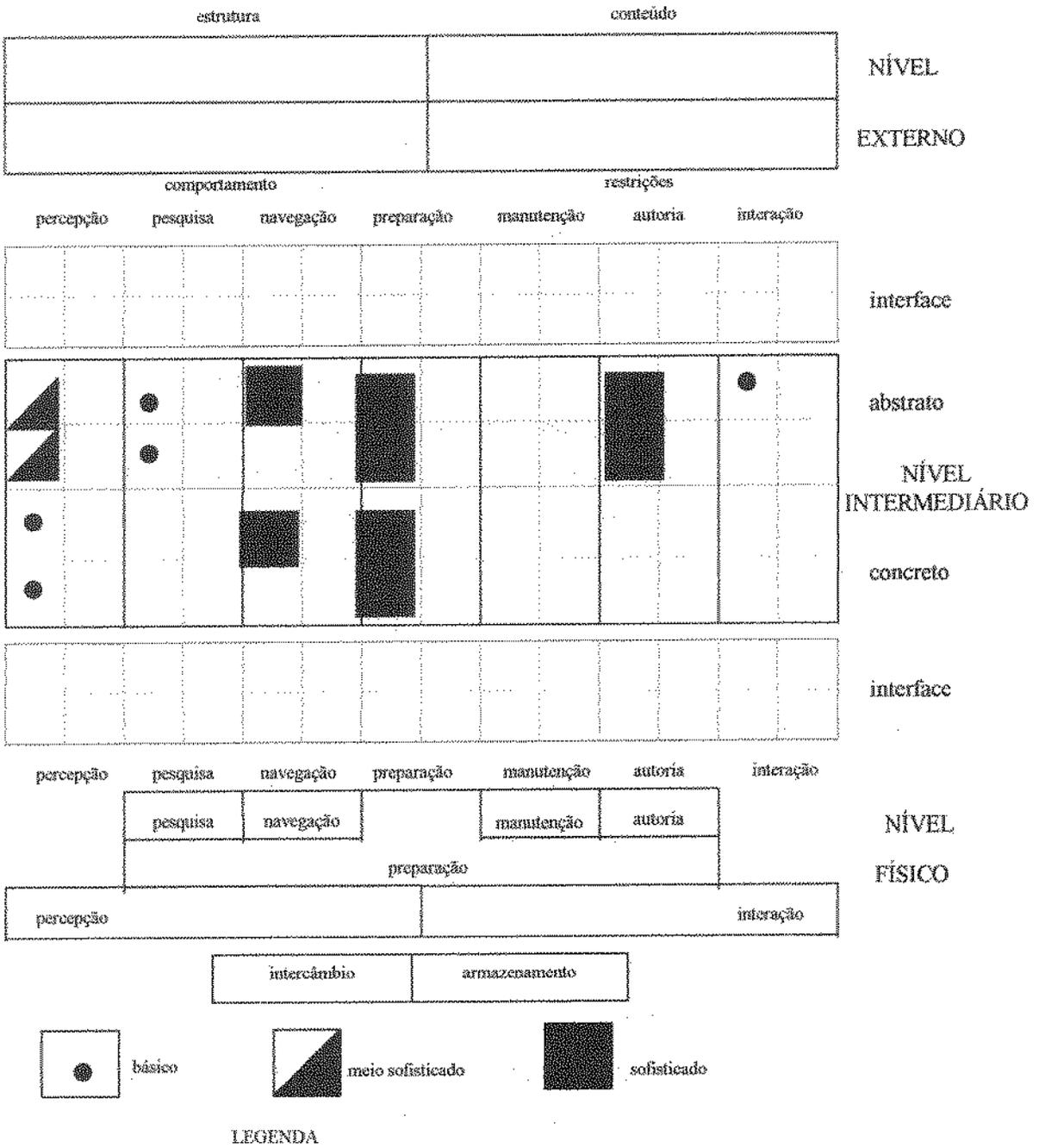


Fig. B.6. Categorização do Modelo MCA

B.4. Tower

O modelo Tower [bra92:exte] [bra94:form] oferece uma visão dos dados em níveis de especificação, que, apesar de inspirado no modelo Dexter, não estabelece uma arquitetura para um sistema gerente de hipermídia, mas sim explora a especificação separada (mas não independente) das características de dados hipermídia, porém não de uma maneira fixa e fechada.

Cada nível é visto como um andar de uma torre e corresponde à especificação de uma característica do objeto hipermídia sob análise (um nível para especificação estrutural, um para sincronismo temporal, outro para apresentação, etc.), porém sem a preocupação em separar especificações com níveis de abstração distintos. Há também a consideração da existência de diferentes visões de um mesmo objeto, resultando em diferentes torres, uma para cada visão, constituindo uma cidade.

O modelo Tower é direcionado à descrição de hiper-documentos, procurando ser genérico para abranger ferramentas CAD e modelos 3-D.

Mapa de Categorização Abstrata

O modelo Tower pode ser considerado um modelo no nível intermediário abstrato, cuja ênfase central é com a navegação; não só navegação convencional, mas através de qualquer tipo de estrutura existente em modelagens nos diferentes níveis de especificação de dados (sincronismo temporal, por exemplo). O modelo também dispõe de um formalismo para a especificação de diferentes perspectivas de um hiper-documento, além de permitir navegação entre modelagens de um mesmo hipertexto e entre perspectivas.

Pouco consta na documentação revisada sobre comportamento, exceto pela existência de métodos junto aos tipos de objetos básicos para a manipulação do conteúdo dos nós (de acordo com sua codificação específica), além da possibilidade de especificar o comportamento de hiper-documentos através de "Petri nets", no que se refere à sua navegação. Os demais aspectos específicos da aplicação ficam fora da modelagem.

Quase nada consta sobre restrições, exceto pelos construtores compostos incluírem informação global e restrições sobre a coleção de seus elementos. Com relação ao domínio de interesse, nada consta.

O modelo é um dos poucos modelos de dados preocupado não só com a separação entre a apresentação e a estrutura organizacional, mas também com a possibilidade de existirem diferentes visões (perspectivas) de um mesmo documento ou componente deste.

Apesar disto, considera que a perspectiva é um construtor estrutural. Efetivamente cada perspectiva consiste de um nível de especificação em uma torre, cujos outros níveis podem ser virtuais.

Não há distinção entre objetos cujo conteúdo seja gerido pela hipermídia e aqueles cujo conteúdo seja gerido por aplicações específicas; todos são tratados como "caixas pretas", cujos valores e comportamento são tratados externamente.

O que existe de preocupação com percepção está diretamente relacionado com navegação.

Nível Externo

O modelo Tower declaradamente não se preocupa com o domínio de interesse, não prevendo qualquer tipo de modelagem infológica. Conseqüentemente, não há preocupação com formas para especificar elementos de informação para diferentes aplicações de um ou vários domínios de interesse.

Nível Intermediário

Existem três maneiras em que podem ser construídos objetos complexos:

- o objeto composto modela uma unidade complexa construída a partir de objetos mais simples e apresenta uma estrutura interna imposta por um construtor composto;
- a torre, que empacota todos os diversos níveis em que um objeto dentro de um hiper-documento é descrito; esses níveis incluem, entre outros, o nível de descrição estrutural, o nível de apresentação visual, a dimensão temporal e o papel semântico;
- a cidade que junta múltiplas perspectivas de um objeto, corresponde a um conjunto de torres explorando, basicamente, visões, inclusive com o auxílio de funções, definidas como estruturas virtuais.

O conceito de âncora é idêntico ao usado no modelo Dexter, ou seja, uma âncora básica representa uma localização em um nó de uma extremidade de uma ligação. Explora apenas a dimensão de conteúdo e, mais fortemente, a estrutural.

Na dimensão estrutural são especificados tanto nós como ligações e âncoras, não havendo uma preocupação em separar as especificações por nível de abstração.

Não fica claro como se relacionam as diferentes especificações de apresentação, em termos de derivação ou especialização, embora existam estruturas virtuais (passíveis de criação através de funções), que não resultam em objetos persistentes. Além disso, existe o problema de consistência e gerência de configuração quando da modificação de um objeto simultaneamente através de diferentes torres.

Nível Físico

Embora nada seja cogitado, há uma necessidade de mapeamentos para o nível de abstração físico, para que seja possível a implementação das modelagens produzidas através deste modelo.

Facilitadores de Mapeamento

O modelo não detalha os seus mecanismos e pela sua localização no mapa de categorização abstrata, acredita-se que não ofereça qualquer tipo de facilidade para mapeamento em algum modelo do nível físico, mesmo porque está bem distante deste.

Serviços Suportados

Ligações podem ser estáticas ou virtuais, se navegadas podem associar (pedaços de) objetos compostos, com extremos múltiplos.

A possibilidade de especificar ligações múltiplas e simultâneas é uma maneira de sincronizar diferentes objetos hipermedia em um ponto temporal (o início). Não é explorado, no entanto, o que e como fazer, se houver necessidade de um maior número e diferentes tipos de sincronismo, além do inicial.

O modelo explora claramente a ligação entre elementos estruturais e de conteúdo, porém nada a respeito de elementos comportamentais ou de restrições.

A possibilidade de uma ligação ou âncora, tanto como nós, serem torres ou cidades é bastante genérica e poderosa, porém não estabelece uma semântica consistente entre apresentação, ligações, âncoras e nós (como ocorre no modelo Dexter).

Pontos Positivos

- ♦ o uso das duas analogias, cidade e torre, é bastante interessante, pois demonstra a preocupação em se especificar de alguma maneira as possíveis múltiplas perspectivas de um objeto hipermedia e de ressaltar a existência de diferentes especificações para um mesmo componente de informação, que se complementam no objetivo de descrevê-lo;

- ◆ a preocupação em permitir a navegação, não somente pela estrutura associativa, mas também por qualquer das respectivas especificações nos níveis de uma torre e entre torres;
- ◆ a definição de ligações com extremos múltiplos e simultâneos, em relação à sua exibição, quando da navegação da ligação;
- ◆ estruturas virtuais para geração de qualquer nó e seus componentes; virtuais também podem ser âncoras, objetos compostos, torres e cidades.

Outras Observações

O modelo é, aparentemente, orientado a manipular um hiper-documento de cada vez, não havendo a exploração da possibilidade de ligações entre hipertextos.

Há falta de informação de como pode ocorrer ligações entre torres de diferentes cidades, constituindo outro ponto nebuloso no modelo.

Existe preocupação com o significado dos dados, "papel semântico de um nó", porém nada formalizado. É cogitado um nível de especificação nas torres para encaminhar significado.

O uso dos construtores torre e cidade na dimensão estrutural é estranha, uma vez que a torre poderia ser transparente para o projetista, exceto para a navegação entre andares.

Apregoa-se no modelo uma correspondência estrutural entre as diferentes especificações de uma mesma torre, porém essa correspondência não é direta para todas as especificações. Alguns níveis podem até apresentar correspondência, mas sempre em relação à descrição estrutural. O que se percebe é uma complementação de especificações como é o caso entre sincronismo temporal, significado e apresentação, por exemplo.

O conceito de torre não categoriza aspectos abstratos (semântico, apresentação ou sincronismo temporal), esquemáticos (tipo) e físicos (armazenamento), considerando-os complementares, ficando confuso, ora falando em níveis ora em dimensões, que constituiriam "espaços conceituais de descrição".

Não é claro como se deve especificar âncoras e ligações (ao contrário do que ocorre no modelo Dexter).

B.5. HTML

HTML, Hypertext Mark-up Language [flynn95:www], consiste de um conjunto particular de "tags" para "markup" que pode ser colocado junto a um documento com texto, de maneira a delimitá-lo, estruturá-lo e descrevê-lo. HTML também provê formas para inclusão de objetos com mídia diferente de texto, mas foi desenvolvido para apresentar e, até um limitado grau, estruturar semanticamente texto, baseado no seu papel dentro do documento, ao invés de sua posição final na tela. Portanto, HTML não é capaz de produzir "interfaces" fortemente gráficas, posicionar precisamente objetos de "interface" ou suportar notações incomuns e isso deve continuar acontecendo por um longo tempo.

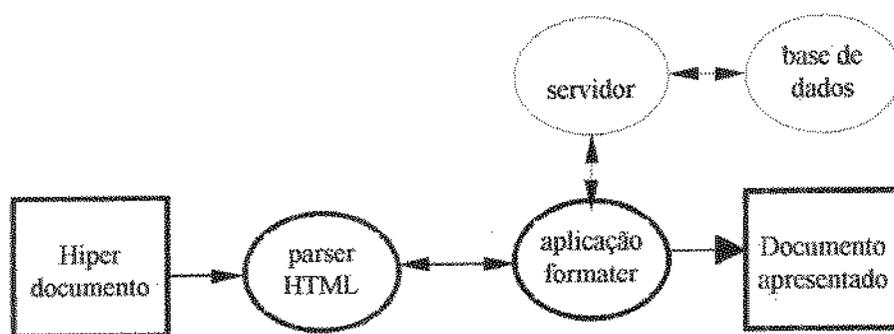


Fig. B.8. Esquema de apresentação para o HTML

O grande problema com HTML, bem como outras linguagens baseadas em SGML, é a obrigatoriedade em mesclar "markups" ao conteúdo, sendo estes "markups" destinados a estabelecer diferentes aspectos semânticos: estruturais, comportamentais, de conteúdo e de restrições.

HTML pode ser considerado para transmissão por rede e disposição em páginas ("layout"), porém não apresenta capacidades em alto nível. O HTML não entende o conceito de documento, apenas o de página; não apresenta suporte algum para estruturação, o que o torna desaconselhável para o armazenamento de informação. Instâncias HTML apenas podem ser apresentadas, porém não podem ser efetivamente pesquisadas, reusadas ou validadas. Na maioria das aplicações industriais informação técnica é armazenada em SGML e então convertida para HTML, tendo como único propósito a apresentação.

Mapa de Categorização Abstrata

O HTML como a maioria das linguagens de "markup" apresenta um nível de abstração próximo do nível físico, apesar do que, isso explica bem o sucesso dos editores de HTML, que

de várias maneiras conseguiram facilitar o trabalho de autoria, aumentando o nível de abstração em que o projetista precisa trabalhar.

A possibilidade de incorporar chamadas a rotinas externas ou de "applets", embora não fazendo parte do HTML, permite a criação de mecanismos bastante poderosos para percepção, interação, manipulação e navegação, porém não padronizados.

HTML é um formato inapropriado para armazenamento de longa duração de documentos com hipertexto. Tem servido às atuais necessidades em termos de hipertexto, mas está muito aquém para responder as demandas antecipadas de ambientes hipermídia, embora haja um contínuo esforço para torná-lo mais flexível e mais poderoso.

É interessante notar uma diferença marcante entre HTML e outros modelos para hipermídia. Os mecanismos de navegação não constituem a ênfase do modelo, mas sim a apresentação e a interação.

Nível Externo

O HTML não se preocupa com o domínio de interesse, nem mesmo no aspecto estrutural. Em decorrência não há preocupação com a modelagem de múltiplas aplicações em um ou múltiplos domínios de interesse.

Nível Intermediário

A atual ênfase do HTML é a padronização de uma série de mecanismos que surgiram de empreitadas isoladas e que se destinam principalmente à percepção e interação, através de tabelas, formulários e documentos dinâmicos. Entretanto a ênfase continua sendo estrutural.

Comportamento pode ser acoplado externamente e não há preocupação direta com conteúdo ou mesmo com restrições.

Nível Físico

O modelo de dados HTML tem mapeamentos a modelos de dados físicos supridos através dos diversos "browsers" em domínio público e que são os verdadeiros responsáveis pela aceitação do HTML como padrão na WWW.

Facilitadores de Mapeamento

Os ganchos existentes para chamada a "applets" e rotinas externas, facilita em muito a implementação de comportamento para percepção, manipulação e interação.

Serviços Suportados

Com relação à navegação, os mecanismos existentes são bastante simples e não se nota preocupação de evoluir esse aspecto a médio prazo dentro do HTML.

Uma âncora especifica uma porção do documento para ser parte de uma ligação (fonte - "href", destino - "name", ou ambos). Mesmo indicando uma localização para destino de uma ligação, na apresentação é considerado todo o documento e não apenas a âncora. Assim, a âncora destino HTML é um referencial a partir de onde se exhibe o documento. Se a âncora é origem, ela é apenas diferenciada visualmente para permitir a ativação de uma ligação.

As ligações HTML são unidirecionais e cada âncora só pode se ligar a uma única imagem ou um único documento, podendo haver indicação de onde no documento.

HTML não utiliza os mecanismos de localização disponíveis em SGML. Existem atributos que usam esquemas específicos para realizar referências (SGML não especifica "layout" ou informação de apresentação). Existem atributos específicos para as referências, cujos valores são URLs ou identificadores de arquivos ou, ainda uma localização no próprio documento.

A notação URL pode ser usada como valor para atributos de referência. Outro valor possível é a identificação de um "pathname" para um arquivo, relativamente ao "pathname" do documento no seu sistema de arquivos.

Além da navegação, há mecanismos preocupados em suportar questões dos serviços de preparação e interação, e mais fortemente percepção visual de páginas.

Pontos Positivos

- ◆ HTML é o modelo de dados padrão na WWW e deverá continuar sendo, principalmente pela sua ampla aceitação.
- ◆ A evolução constante é um ponto positivo e ao mesmo tempo negativo.
- ◆ O caráter aberto da linguagem permite a incorporação de vários ganchos para objetos e elementos computacionais externos.
- ◆ A navegação entre modelagens é natural no HTML, porém provê poucos controles diretos.

Outras Observações

Não há preocupação com o significado em nenhuma das dimensões, exceto pela possibilidade de associar palavras-chave a componentes, através de atributos.

Em particular, o HTML está fortemente direcionado à criação de um único documento de cada vez, que está amarrado à sua apresentação.

O uso de "markup" previne que dados pertencentes ao sistema fiquem disponíveis a outros sistemas e que os dados destes outros sistemas não possam participar de hiper-espacos, a não ser como "caminhos sem saída".

Interessante notar que o tratamento de imagens não é realizado da mesma maneira que o texto, havendo separação entre conteúdo e âncoras.

Há uma certa preocupação com relação a facilidades que auxiliem os usuários, portadores de deficiência ou não, em várias tarefas como por exemplo a impressão e o retorno ("back button").

Há um movimento no sentido de incorporar "style sheets", embora este tratamento seja independente da linguagem usada para definir os estilos.

Uma facilidade para permitir a visualização dos caminhos disponíveis para navegação pelo usuário, também, fica comprometida devido à junção dos "markups" ao conteúdo.

Não há preocupação em separar assuntos relacionados a aspectos ou serviços de manipulação diferentes, contribuindo muito para o não entendimento de uma especificação pelo usuário.

Não há nenhum tipo de preocupação em prover herança ou derivação para a especificação.

HyTime, apesar de estar baseado em SGML, não se parece com o HTML, pois estabelece meta-especificações, cujo tratamento é realizado em dois passos: um "parser" sintático e um "engenho" que processa "on the fly" solicitações relacionadas com hiperligações e localizações de elementos em documentos, bem como escalonamento e fornecimento de elementos para a apresentação. Há necessidade de acoplar ao HTML um segundo nível de processamento "on the fly", que auxilie a realização de navegação e apresentação.

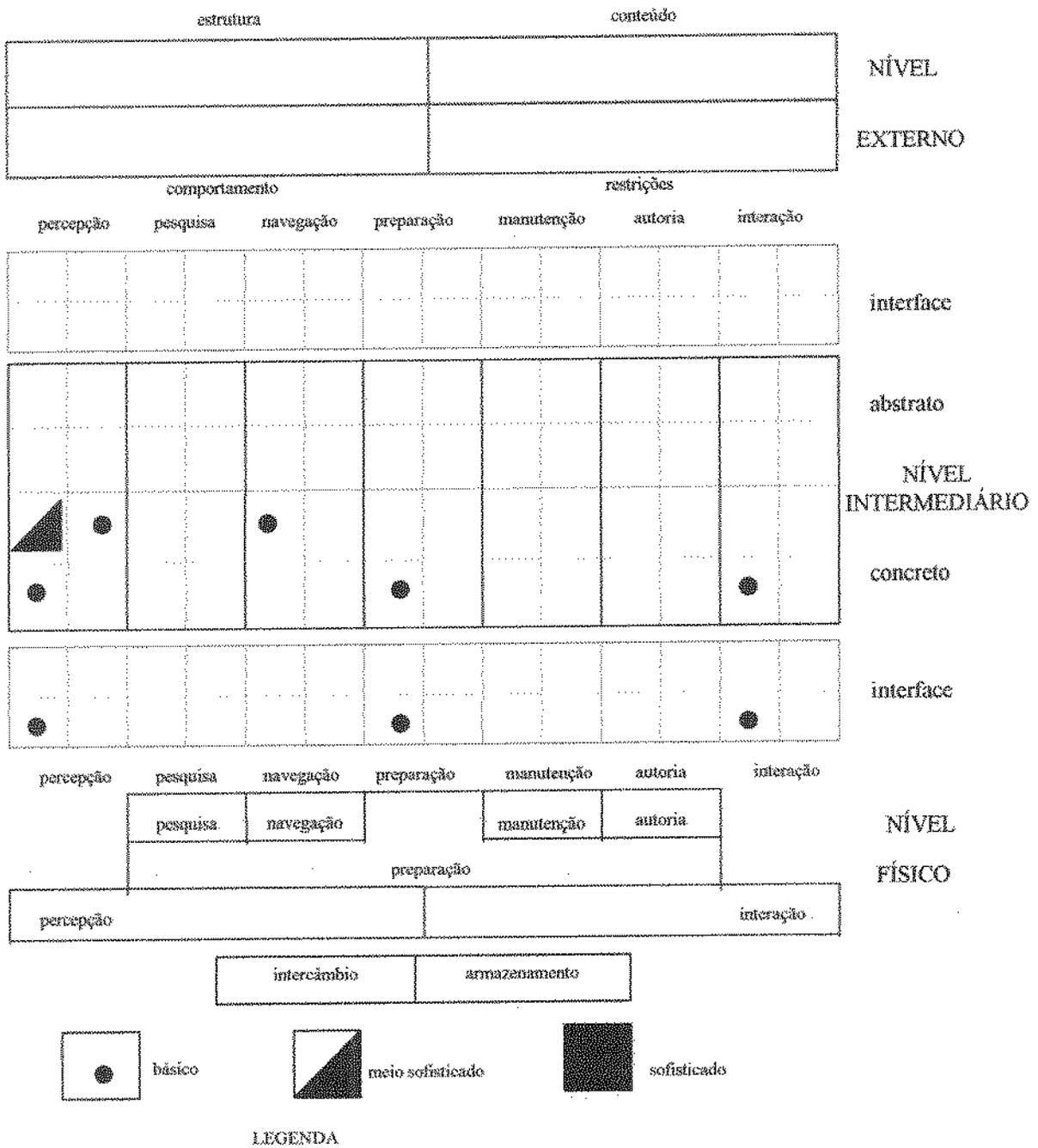


Fig. B.9. Categorização do Modelo HTML

B.6. MHEG

O padrão MHEG, Multimedia and Hypermedia Information Coding Expert Group [meyer-boudnik95:ieeemm] [colaitis94:ieeemm] [price93:mheg] [isocd13522], foi projetado para responder os requisitos de aplicações e serviços multimídia, sendo executado em estações de trabalho heterogêneas, que trocam informação em tempo-real, definindo um formato codificado para intercâmbio de dados e arquivos.

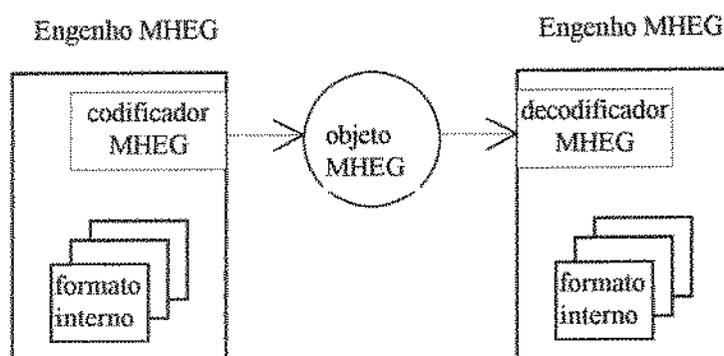


Fig. B.10. Esquema de transmissão no MHEG

Apesar do nome, MHEG apresenta ênfase na descrição estrutural de interatividade com dados multimídia em um nível abstrato (transporte e preparação da apresentação de elementos multimídia); para isso preocupa-se em suportar a troca de meta-dados e dados multimídia (inclusive em tempo-real), interatividade em tempo-real, composição e sincronização de dados multimídia em espaço e tempo, "ligação" entre elementos de objetos multimídia compostos, reuso de dados, portabilidade, atualização freqüente de dados e manipulação de um conjunto de elementos de dados.

MHEG utiliza um modelo de codificação para composições multimídia independente de plataformas, diretamente aplicável às plataformas envolvidas na percepção de uma implementação multimídia. Isto implica que o modelo por trás do MHEG não se destina ao auxílio no processo de projeto e desenvolvimento de aplicações com hipermídia.

Mapa de Categorização Abstrata

O enfoque do MHEG é com o aspecto estrutural dos objetos sujeitos ao intercâmbio, de maneira genérica. A modelagem relacionada com o domínio de interesse não é contemplada.

O grau de abstração dos mecanismos suportados pelo MHEG encontra-se no nível intermediário concreto.

MHEG não define o formato final de apresentação ("look and feel") com interação, porém define as técnicas de identificação, para localizar uma instância de apresentação e modificar seu comportamento.

O objeto "script" é outro mecanismo que suporta a realização de comportamento, mas não é parte do modelo MHEG, permitindo o encapsulamento de um pedaço de software externo, especificado em linguagem não MHEG, de acordo com o formalismo MHEG, que identifica a ferramenta responsável e o contexto para a sua execução.

Os mecanismos suportados para o serviço de manipulação estão orientados para o suporte aos serviços de apresentação e interação.

Nível Externo

O modelo MHEG é estrutural e orientado ao intercâmbio e ao suporte da percepção, o seu escopo de uso não abrange a representação e o registro do domínio de interesse. Assim, os aspectos diretamente relacionados com o domínio de interesse não têm sua especificação suportada. Em consequência, não há preocupação alguma com a existência de múltiplas aplicações no mesmo domínio de interesse.

Nível Intermediário

"Comportamento" no MHEG significa toda informação que especifica a representação dos conteúdos, bem como aquela que define a execução do suporte à percepção e ao comportamento dinâmico de objetos em relação à interação. Considera-se que a interação ocorre durante a percepção sobre uma "interface" homem-computador, através de mecanismos de ligação básicos entre objetos de entrada e outros objetos. Essa especificação se baseia em ações.

Ações possíveis abrangem controles para: preparação (disponibilidade), criação (instâncias de apresentação e "script"), exibição (controle de progresso), fornecimento (de acordo com o tipo), interação, ativação (de "scripts") e obtenção de valores (de atributos, estado ou comportamento de objetos, instância de apresentação ou de "script"). São as ligações que controlam os relacionamentos temporais, espaciais e condicionais entre objetos, estabelecendo a inter-conexão das ações com o conteúdo dos dados. Não há padronização de métodos para percepção propriamente dita.

Apesar de poder suportar restrições através do mecanismo da ligação condicional, as condições especificáveis são orientadas ao suporte da percepção. Assim, considera-se que restrições não são plenamente contempladas.

MHEG permite que um objeto seja transformado durante sua exibição, através dos parâmetros que acompanham a codificação do conteúdo. Mas como MHEG é uma representação em forma final, não se pode modificar o dado propriamente dito. Mesmo assim, essa transformação é denominada de "visão virtual".

Existe o conceito de canal que é um espaço lógico em que objetos em tempo de execução são apresentados e percebidos pelo usuário. Os canais são criados pelo projetista usando objetos ação e o mapeamento com o mundo real é provido pelo engenho MHEG. Através dos canais é possível apresentar diferentemente um mesmo objeto modelo.

Nível Físico

O modelo de dados MHEG tem mapeamentos a modelos de dados físicos realizados através dos "engenhos" MHEG que, se supõe, são construídos para suportar as aplicações. Não se conhece possibilidade de conversão ou mapeamento para outro modelo de dados existente a partir de MHEG.

Facilitadores de Mapeamento

Todos os mecanismos MHEG encontram-se definidos em um nível de abstração suficientemente baixo, seguindo o paradigma da orientação a objetos, que, se pode considerar, facilitam a sua implementação no nível físico sobre ferramentas que suportem também esse paradigma.

Serviços Suportados

O conceito de ligação hipermédia existe em MHEG de uma maneira forçada; para seu suporte é definido um mecanismo similar a um gatilho.

Uma ligação MHEG estabelece um relacionamento entre uma ou mais fontes e uma lista de alvos, que consiste de condições associadas aos fontes e das ações a aplicar aos alvos, em caso de satisfação das condições. Esse mecanismo é associativo, dinâmico e dirigido por eventos. Constitui a única forma de associar ações a conteúdo.

Para a obtenção de navegação, de forma genérica, há necessidade de se usar objetos ação ou "script", cujo conteúdo contenha alguma forma descritiva de como deve se proceder a navegação. Além disso é necessário, para as hiperligações, estabelecer o evento para início da navegação, ou seja, indicar a escolha do usuário através de dispositivos apontadores.

Nós e âncoras se confundem no MHEG, onde a unidade de manipulação é o objeto (conteúdo). O conceito de ligação está diretamente associado à manipulação. O padrão não se preocupa em explorar múltiplos hiper-espacos ou fornecer mecanismos para tratar o problema de "perdidos no espaço".

O mecanismo de identificação externa atua como um conector entre o domínio de objetos MHEG e entidades externas a esse domínio, constituindo o único mecanismo que permite algum tipo de inter-conexão entre modelagens distintas.

Exceto pelo serviço de navegação, os demais serviços cobertos pelo MHEG estão orientados ao suporte da preparação de objetos hipermídia. Assim, MHEG é parecido com HTML e diferente dos demais modelos categorizados, pois nestes o foco é a navegação. Enquanto em HTML o foco é a percepção, em MHEG é a preparação da percepção.

Pontos Positivos

- ◆ O objetivo do padrão MHEG é o de facilitar o desenvolvimento de aplicações multimídia em ambientes abertos, através da garantia de portabilidade inter-plataformas de unidades elementares de informação, não modificáveis, chamadas objetos MHEG.
- ◆ A codificação de MHEG está baseada no nível de apresentação da arquitetura ISO.
- ◆ O padrão MHEG considera a possibilidade de existirem formatos internos diferentes em cada uma das pontas de um intercâmbio de dados, mas nada estabelece em relação aos mesmos.
- ◆ O uso do paradigma da orientação a objetos permite a exploração de derivação por herança das especificações.
- ◆ As instâncias de objetos inter-cambiáveis para apresentação, bem como de "scripts", não afetam os objetos originais correspondentes, que, portanto, podem ser reusados.
- ◆ MHEG, através de suas classes, procura separar os assuntos computacionais, não por serviço, mas por aspecto: conteúdo, comportamento e interação (este último separado de maneira estranha, pois depende de comportamento).

Outras Observações

Não há preocupação com a especificação de significado ou delimitadores de percepção.

Embora MHEG seja orientado a objetos, seus objetos inter-cambiáveis necessitam ser considerados dados e, assim, nenhuma "interface" na forma de assinaturas de métodos ou métodos são definidos.

O conceito de forma-final faz com que o MHEG seja inadequado para o suporte do paradigma da hipermídia [mühlhäuser96:ieeemm]. Mais do que isso, várias comparações feitas têm revelado que a sobrecarga conceitual por trás de MHEG ocasiona dificuldades na autoria de documentos [ieee96:work].

O modelo MHEG efetivamente não cobre um protocolo para intercambiar dados.

Vários autores consideram o padrão MHEG adequado como formato de saída de um servidor multimídia, enquanto que o formato interno deveria ser diferente, como por exemplo HyTime [karmouch96:ieeemm].

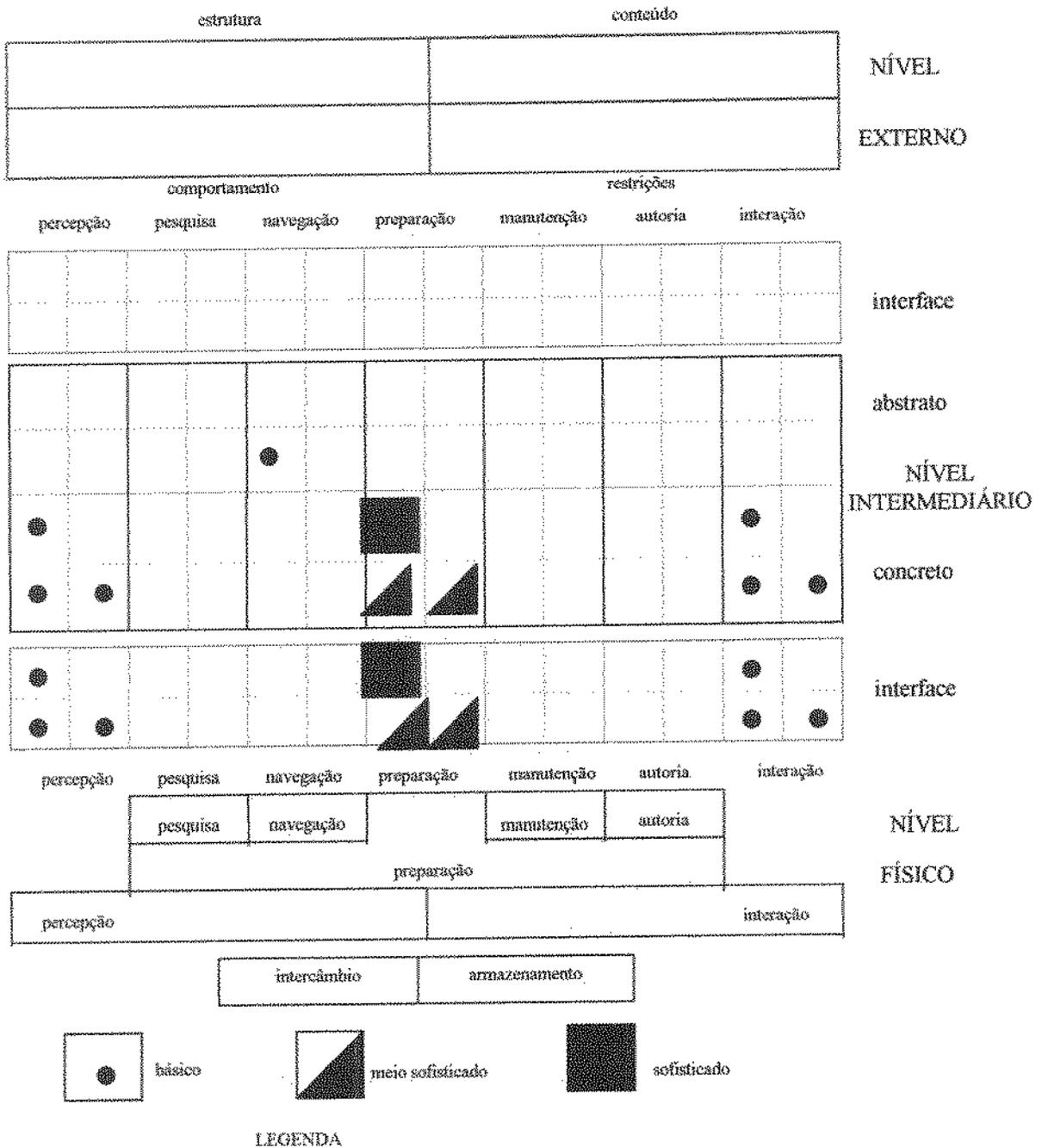


fig B.11. Categorização do Modelo MHEG

B.7. HMBS

HMBS, Hyperdocument Model Based on Statecharts [turine98:hmbs], utiliza a técnica statecharts para a especificação da estrutura organizacional e a semântica de navegação associadas a hiperdocumentos. O HysCharts constitui uma ferramenta de autoria baseada no modelo HMBS e foi utilizada para sua avaliação e validação.

HMBS possui em sua definição três tipos de objetos: estruturais, navegacionais e de apresentação. A estrutura organizacional do hiperdocumento definida pelo statechart permite especificar os objetos estruturais, que são os estados, as transições e os eventos do mesmo. Os objetos navegacionais definem a estrutura navegacional e são as páginas, as ligações, ainda que não explicitamente formalizadas no modelo, e as âncoras. Os canais definem os objetos relativos à apresentação do hiperdocumento.

Mapa de Categorização Abstrata

HMBS não é um método de desenvolvimento de hiperdocumentos, nem um modelo para análise de requisitos e captura de semântica no domínio da aplicação.

O próprio autor de HMBS considera necessário o uso de um modelo ou esquema conceitual que represente os objetos e os relacionamentos do mundo real. Após a especificação conceitual do problema, pode-se definir os usos do hiperdocumento e as tarefas particulares a serem realizadas sobre o mesmo, atividades comumente realizadas durante a fase da modelagem navegacional.

Em um exemplo de utilização de HMBS o autor utiliza um misto das metodologias RMM e OOHDM até a especificação dos m-slices e das classes de contexto. Em relação ao Mapa de Categorização Abstrata, isto significa que HMBS pertence ao nível de abstração intermediário, mais especificamente ao subnível concreto.

HMBS permite separar a informação referente à estrutura das representações físicas ou conteúdo do hiperdocumento.

A ênfase do modelo é nos serviços de navegação e apresentação, com grande preocupação com a semântica de navegação, ou seja, com elementos de interação.

Nível Externo

Como já estabelecido anteriormente, HMBS não se preocupa em cobrir a modelagem do domínio de interesse, apenas se preocupando com abstrações concretas para a especificação da estrutura e semântica navegacional, juntamente com a percepção de dados.

Nível Intermediário

Um hiperdocumento é definido em HMBS segundo uma organização hierárquica dos estados do statechart que representa a sua estrutura organizacional e navegacional, os quais são associados a porções de informação ou páginas. Os eventos contidos nos rótulos das transições representam, respectivamente, as âncoras que disparam as possíveis ligações entre as páginas, definindo, assim, os caminhos de navegação disponíveis para o leitor do hiperdocumento.

A estrutura navegacional do hiperdocumento é especificada através do statechart, que representa o documento em termos de objetos estruturais, estados, transições e eventos; pelos componentes navegacionais, páginas, âncoras e ligações; além dos mecanismos de apresentação da informação, canais. A semântica de navegação define qual página é apresentada, quais âncoras são habilitadas e quais as transformações navegacionais que ocorrem quando da interação com o leitor. O comportamento da semântica é baseado na semântica de statecharts a partir de alguma configuração de estados.

Os canais de apresentação são abstrações de dispositivos pelos quais é possível especificar os requisitos relativos à apresentação da informação contida nas páginas do hiperdocumento. Os canais são invocados para visualizar as informações contidas nas páginas durante a navegação, atuando como interpretadores da página. Dependendo do tipo da mídia, os canais invocam um aplicativo para visualizar as informações.

Os canais permitem ao autor especificar a coordenação espacial das informações pertencentes às páginas, além de controlar atributos globais da apresentação do hiperdocumento. As características de apresentação disponíveis em cada canal dependem dos recursos disponíveis no sistema hipermídia a ser utilizado para a implementação da modelagem.

Nível Físico

Na abordagem de suporte traduzido, escolhida em detrimento do suporte interpretado, os objetos HMBS da especificação do hiperdocumento devem ser transformados em objetos de algum software de apresentação ou sistema hipermídia existente, como o Toolbook, o Macromedia Director ou browser HTML. As primitivas especificadas no projeto devem ser mapeadas em artefatos de implementação e todos os objetos do modelo devem ser instanciados. Para realizar tal mapeamento, regras devem ser elaboradas para guiar o processo de conversão de padrões de especificação em código fonte de alguma linguagem

que possa ser compilada ou interpretada pelos aplicativos apropriados para a percepção do hiperdocumento.

A equipe de desenvolvimento pode enfrentar problemas no suporte traduzido devido à grande variedade e heterogeneidade dos ambientes de implementação existentes. A estrutura hierárquica e decisões de projeto, como a semântica de navegação, podem dificultar o processo de tradução.

Facilitadores de Mapeamento

Não se encontrou preocupação no estabelecimento de facilitadores de mapeamento, mesmo porque, o processo de mapeamento das modelagens obtidas através do HMBS para ferramentas no nível físico não é explorado na tese que descreve o modelo.

Serviços Suportados

O modelo HMBS formaliza a especificação de objetos estruturais, navegacionais e de apresentação. A ênfase do modelo é com o serviço de navegação, principalmente no que diz respeito à semântica de navegação, desta maneira cobrindo a parte de interação do usuário. O serviço de percepção também é coberto através da exploração do conceito de canal.

A estrutura organizacional do hiperdocumento definida através do statechart define objetos estruturais, que são os estados, as transições e os eventos. Os objetos navegacionais definem a estrutura navegacional e são as páginas, as ligações, ainda que não explicitamente formalizadas no modelo, e as âncoras. Os canais definem os objetos relativos à apresentação do hiperdocumento.

Pontos Positivos

- ◆ A existência do sistema HySCharts que permite a autoria e a exibição de modelagens segundo o modelo HMBS.
- ◆ O uso da técnica de statecharts permite a criação de ferramentas para a realização do modelo e implementação de testes, facilitando o processo de desenvolvimento.
- ◆ A possibilidade de analisar os hiperdocumentos com o objetivo de identificar inconsistências estruturais, bem como problemas relacionados à visualização e à navegação, é propriedade importante do HMBS.

Outras Observações

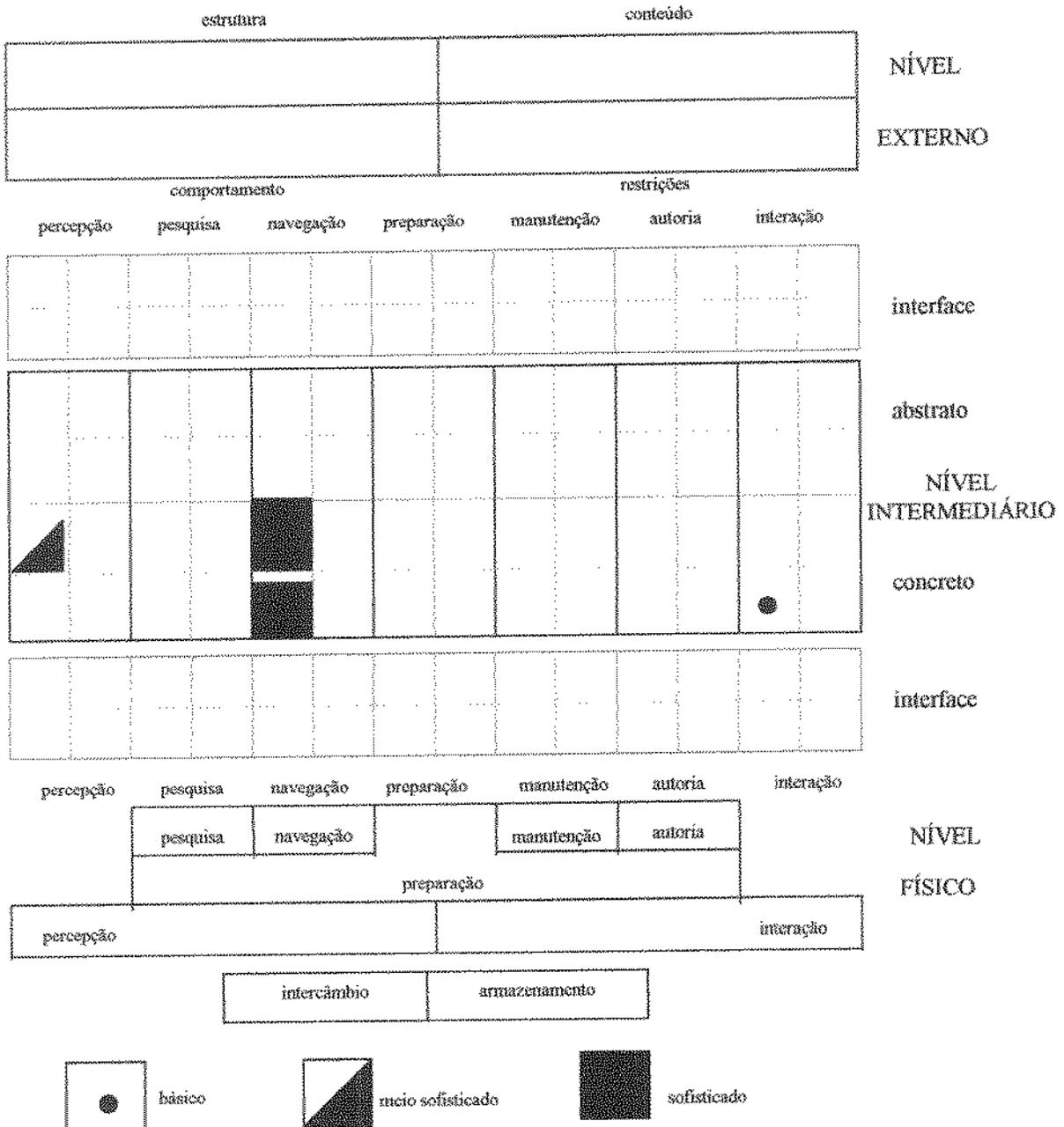
Os aspectos da Visão-T que são cobertos no nível intermediário concreto são a estrutura e o comportamento.

Não há preocupação com a especificação de significado.

Visto que o HMBS não permite a especificação temporal, não é possível definir ligações temporais, ou seja, ligações ativadas automaticamente. As únicas ligações permitidas são as estáticas.

Nos canais pode-se prever a exibição concorrente de várias páginas.

A estrutura navegacional em HMBS pode ser apresentada durante a navegação como um mapa para orientar os leitores.



LEGENDA

fig B.12. Categorização da Metodologia HMBS

APÊNDICES

C. Glossário

Abrangência Dimensional (Definição 24)

A abrangência dimensional corresponde a quais dimensões da *Visão-T, estrutura, comportamento, conteúdo e restrições*, são consideradas por um *modelo de dados* orientado a determinado serviço no subnível intermediário abstrato.

Abstração

Abstração é a maneira pela qual, mentalmente, tratamos uma *informação* para que possa ser registrada, armazenada e recuperada a partir de uma *estrutura*, em diferentes níveis de detalhe e diferentes *perspectivas* [garg88:cacm]. A finalidade de uma abstração é permitir que o usuário se concentre nos detalhes relevantes, ignorando os irrelevantes (em que o significado de *relevante* depende do usuário e da aplicação em questão) [date83:idbs]. Além de estrutura, pode-se abstrair os aspectos *comportamento, restrição e conteúdo*.

O termo abstrato é utilizado para se referir aos subprodutos das atividades de coleta, elucidação e especificação de requisitos.

Agregação

Agregação é a forma pela qual relacionamentos "ser-parte-de" entre categorias podem ser considerados através de uma categoria de nível mais alto, que reflita o significado do "todo".

Âncora (Definição 15)

Uma âncora é um *mecanismo* de endereçamento de localizações dentro de uma descrição de *elementos de informação*, constituintes de dados. Convencionalmente, através das âncoras, *ligações* e *nós* se associam. Pela seleção de uma âncora, direta ou indiretamente por parte do usuário, é possível navegar para âncoras destino.

Arquitetura ANSI/SPARC

A arquitetura ANSI/SPARC é uma proposta consagrada para *descrição* de uma hierarquia de *esquemas*, correspondendo a três níveis [tsichritzis78:ansi].

Aspecto

Aspecto é o mesmo que *dimensão de especificação*.

Asserção

Asserção é o mesmo que **significado**.

Associação

Associação é a forma de **abstração** em que um relacionamento entre objetos membros é considerada em um nível mais alto, significando "é-membro-de".

BD

Base de Dados

CAD

CAD é a sigla para Computer Aided Design ou Projeto Assistido por Computador

CAM

CAM é a sigla para Computer Aided Manufacturing ou Manufatura Assistida por Computador

CASE

CASE é a sigla para Computer Aided Software Engineering ou Engenharia de Software assistida por Computador

CIM

CIM é a sigla para Computer Integrated Manufacturing ou Manufatura Integrada por Computador

Classificação

Classificação é a forma de **abstração** em que uma coleção de objetos é considerada em um nível mais alto, representando o relacionamento "é-instância-de".

Componente de Exibição

Componente de exibição constitui a intenção de como a percepção deve ocorrer. É o objeto idealizado para ser transmitido e exibido ao usuário.

Componente de Informação (Definição 20)

Um componente de informação corresponde a uma dentre várias possíveis unidades para percepção e manipulação dos **dados** relacionados a um ou mais **elementos de informação** de um **domínio de interesse**.

Componentes de informação são constituídos por elementos especificáveis através de *modelos de dados* com orientação datalógica, ou seja, mais próximos do computador do que do *domínio de interesse*.

Componente Multimídia (Definição 21)

Um componente multimídia é o elemento mais básico de um *componente de informação*, que consiste de um elemento atômico em relação à *estrutura* e *conteúdo*, codificado de acordo com uma determinada mídia.

Comportamento (Definição 17)

Comportamento corresponde às operações abstraídas que representam e estabelecem o dinamismo dos *elementos de informação*. Quando implementado o comportamento ocasiona mudanças sobre o *conteúdo* e sobre a *estrutura*.

Conteúdo (Definição 11)

Conteúdo é aquilo que se registra ou representa o *elemento de informação* descrevendo-o, total ou parcialmente. Constitui o que se costuma denominar *predicado*.

Dado (Definição 10)

Dado é o resultado de um processo de registrar *elementos de informação* em meio *sintético*, a título de recuperação e percepção de *informação*.

Delimitador para Percepção (Definição 22)

Um delimitador para percepção estabelece uma localização dentro de um *elemento de descrição* relativo a qualquer dos quatro *aspectos* existentes.

Derivação

Derivação é a maneira pela qual propriedades ou relacionamentos podem ser computados, a partir de outras propriedades ou relacionamentos.

Descrição (Definição 19)

Descrição constitui a especificação de uma abstração através da qual registra-se um *aspecto* de um *elemento de informação*.

Descrição, usualmente, é o mesmo que *predicado* e é considerado um dos três componentes de especificação para cada um dos quatro tipos de *aspectos* que um *dado* pode apresentar. Através da descrição especifica-se um *aspecto* do *elemento de informação* ou *elemento computacional*.

Descritor

Descritores são *mecanismos* para permitir e facilitar a operação computacional dos *dados*. Pode-se considerar que nele existe *informação* sobre algum *aspecto* do *dado*.

Dimensão de Especificação

Uma dimensão de especificação corresponde a um de quatro domínios de discurso (*estrutura, conteúdo, restrições e comportamento*) para a especificação de características (*descrição*), *semântica (significado)* ou *delimitadores para percepção (localização)*.

Documento Hipermídia

Documento hipermídia é um *documento multimídia* com hiperligações (*ligações se referem a hipertexto*).

Documento Hipertexto

Documento hipertexto é uma porção de *dados* em forma escrita e gráfica, destinada a percepção humana, que pode ser explorada e apresentada em uma variedade de seqüências, usando um conjunto de conexões transponíveis, denominadas *ligações*.

Documento Multimídia

Documento multimídia é uma porção de *dados* destinada à percepção humana, que usa uma ou mais mídias, além de escrita e gráficos. A percepção da mídia adicionada pode ocupar espaço, tempo ou ambos.

Domínio de Interesse (Definição 7)

Domínio de interesse é a parte de um mundo (real ou imaginário) foco de percepção para geração de *informação*.

Elemento Computacional

Um elemento computacional corresponde à especificação de uma *abstração* dentro de uma *dimensão de especificação* do espaço tetra-dimensional, segundo a *Visão-T*, para a instância de um *mecanismo* computacional utilizado para permitir a manipulação de *dados* através de um computador.

Elemento de Descrição (Definição 23)

Um elemento de descrição corresponde a uma **abstração** que descreve parcial ou totalmente um **aspecto** do **dado**.

Um elemento de descrição é uma unidade de especificação das características relativas a um dos quatro **aspectos** de um **dado** (**estrutural**, **comportamental**, de **conteúdo** ou de **restrição**).

Elementos de descrição **estrutural** estabelecem a constituição completa das partes atômicas que constituem o **conteúdo** do **dado** e que podem vir a ser manipuladas em diferentes níveis de **abstração**. Podem ser utilizadas **abstrações** para esta especificação, tais como **generalização**, **agregação**, **classificação** ou **associação**, além de operadores do tipo *set*, *bag*, etc.

Elementos de descrição comportamental estabelecem o conjunto de operações que podem ser aplicadas ao **dado** e que representem os **aspectos** dinâmicos que se aplicam aos **elementos de informação**, registrados ou representados no **conteúdo**.

Elementos de descrição de **conteúdo** podem codificar o **registro** ou a representação de **elementos de informação** do **domínio de interesse**. Por exemplo, o **registro** de uma figura, de um som ou de uma imagem, ou ainda a **descrição** de uma entidade do mundo real.

Elementos de descrição de **restrições** estabelecem o conjunto de regras de consistência e integridade que se aplicam ao **conteúdo** dos **dados**, em relação às operações que podem ser realizadas sobre os mesmos. Se ao final de uma operação, uma das restrições não for observada, a operação não pode ser completada e o **conteúdo** do **dado** deve permanecer como estava antes do início da execução da operação.

Elemento de Informação

Em um mundo real ou imaginário existem objetos, processos e eventos sobre os quais deseja-se obter **informação** ou sobre os quais deseja-se passar **informação**, seja para uma ou várias pessoas, seja num determinado instante, seja repetidamente, em instantes imprevisíveis. Os elementos de informação são entidades ou fenômenos aos quais podem estar associados fatos em um **domínio de interesse**. Eventos envolvem fatos, objetos e processos.

Elemento de Significado

Um elemento de significado é uma unidade de especificação da *semântica* que pode auxiliar na interpretação da *descrição* de um dos quatro *aspectos* do *dado*.

Elementos de significado *estrutural* devem procurar explicar a motivação para a *descrição estrutural* do *conteúdo* em relação ao *domínio de interesse* e à manipulação do *dado*.

Elementos de significado comportamental devem procurar estabelecer a quais assuntos dinâmicos do *domínio de interesse* correspondem as *descrições* comportamentais.

Elementos de significado de *conteúdo* devem procurar indicar o contexto daquilo que está registrado ou representado no *conteúdo* do *dado*, em relação ao *domínio de interesse*. *Significado* de *conteúdo* pode abranger informação sobre o *elemento de informação*, a época, o local e as condições em que o *conteúdo* foi registrado ou estão relacionadas ao que está sendo representado.

Elementos de significado de restrições devem procurar estabelecer a motivação para o estabelecimento das restrições.

Esquema

Genericamente, um esquema corresponde a uma coleção de definições de tipos que descrevem uma aplicação de maneira global.

O termo esquema está sendo usado para significar o conjunto de informação computacional que permite inferir a *estrutura* de uma base de dados (tipos de *dados*, relacionamentos e restrições).

O termo ainda é comumente usado para denotar o resultado de uma *modelagem* de *dados* para um *domínio de interesse* em particular.

O termo esquemático é utilizado para se referir aos subprodutos das atividades de projeto (preliminar e detalhado)

Esquema Conceitual

Esquema conceitual preocupa-se exclusivamente com os *elementos de informação* do *domínio de interesse*.

Esquema de Implementação

Esquema de implementação preocupa-se em descrever de forma *abstrata* os *elementos computacionais* que são necessários para a implementação, sem considerar detalhes da plataforma computacional.

Esquema Externo

Esquema externo corresponde a um *esquema* no nível externo da *arquitetura ANSI/SPARC*, ou seja representa uma visão *abstrata* para os *dados*, enfocando visões de *elementos de informação* incorporando *elementos computacionais* em nível *abstrato*.

Esquema Físico

Esquema físico é o mesmo que *esquema interno*.

Esquema Intermediário

Esquema intermediário corresponde a um *esquema* no nível intermediário da *arquitetura ANSI/SPARC*, ou seja representa uma visão que permite a *descrição* de *conteúdo* e *estrutura*, utilizando *mecanismos* como tipos de *dados*, relacionamentos e regras de consistência.

Esquema Interno

Esquema interno corresponde a um *esquema* no nível interno da *arquitetura ANSI/SPARC*, ou seja, representa uma visão das *estruturas* físicas de uma base de dados, considerando sua implementação e sua gerência.

Estrutura (Definição 16)

Estrutura corresponde às *abstrações* utilizadas para permitir a referência e manipulação do *conteúdo* correspondente à parte estática dos *elementos de informação*. Em geral, representa a complexidade em que se agregam as características dos *elementos de informação* modelados.

Facilitador de Mapeamento (Definição 6)

Facilitador de mapeamento é o elemento abstrato estabelecido a partir de um *mecanismo* de um *modelo de dados*, que é utilizado como base para a especificação de mais detalhes para um dos *aspectos* do dado, utilizando um *outro modelo de dados* com menor nível de abstração.

Generalização

Generalização é a maneira pela qual diferenças entre objetos similares são ignoradas para a formação de uma categoria (tipo) de maior ordem, em que as similaridades podem ser enfatizadas.

Hereditariedade

Hereditariedade é a maneira pela qual os objetos de uma determinada categoria têm propriedades e relacionamentos definidos, a partir de categoria(s) de mais alta ordem do que a da categoria a que pertencem.

Hipermídia

Hipermídia corresponde a uma extensão dos conceitos de *hipertexto* e *multimídia*, que reflete a possibilidade de *navegação* através de conteúdo de dados com qualquer tipo de mídia, em especial as mídias temporalmente contínuas.

Hipertexto

Hipertexto é considerada a forma de se estabelecer uma estrutura associativa em documentos baseados em texto [rutledge96:eval].

Informação (Definição 9)

Informação é o incremento de conhecimento que pode ser inferido a partir da percepção de elementos de um mundo.

Ligação (Definição 13)

Ligação é um *mecanismo* que permite acesso à parte de uma *descrição* de um *elemento de informação* constituinte de um *dado*.

Uma ligação deve ser abstraída como uma ponte entre dois extremos, cada um dos quais constituído por um conjunto de pistas de acesso (convencionalmente *âncoras*), não necessariamente restritas a um ou dois *componentes de informação* ou a uma mesma *dimensão de especificação*, de uma ou mais modelagens.

Ligação N-ária

Ligação n-ária é uma *ligação* que apresenta o conjunto de um dos seus extremos com mais de uma *perspectiva*.

Mapa de Categorização Abstrata

O mapa de categorização abstrata é um mapa referencial que permite a categorização e por extensão a comparação de modelos, padrões e metodologias relacionadas com *modelagem de dados hipermídia*, mas que também pode ser utilizado para modelagens convencionais.

Mecanismo

Mecanismo é um construtor pertence a um *modelo de dados*, através do qual pode-se especificar elementos que representam os *aspectos* de um *dado*.

Mecanismo Implícito

Mecanismo implícito é um *mecanismo* que se subentende em diversas partes de uma especificação e corresponde a existência de *âncoras*, *ligações* ou *perspectivas* que não necessitam ser especificadas pelo projetista e são automaticamente geradas e geridas pelo sistema hipermídia.

Mecanismo Virtual

Mecanismo virtual corresponde a procedimentos computacionais que, quando ativados, resultam em um ou mais elementos tais como *âncoras*, *perspectivas* e *ligações*, inicialmente não existentes.

Meio Sintético

Meio sintético é aquele diferente e externo à memória humana e permite o armazenamento de *dados*, tal como papel, fotografia, etc.

Metodologia para Autoria

Metodologia para autoria é a denominação usada para as metodologias que, de alguma maneira, estabelecem mapeamentos entre modelos de dados com variados graus de *abstração* nas suas especificações e que objetivam a implementação de um sistema de informação com *hipermídia*.

Modelagem (Definição 2)

Modelagem é o resultado obtido pela utilização de um *modelo de dados* em um processo de autoria.

Modelo de Dados (Definição 1)

Um modelo de dados estabelece um conjunto de regras que permite a especificação da *descrição* e da interpretação de *dados* objetivando a sua organização.

Modelo de Dados Datalógico (Definição 4)

Um modelo de dados datalógico é um *modelo de dados* orientado à representação de *elementos computacionais* na forma como estes são ou podem ser diretamente implementados em computador.

Modelo de Dados Infológico (Definição 3)

Um modelo de dados infológico é um *modelo de dados* orientado aos usuários, cuja ênfase é a *descrição* e *registro* dos *elementos de informação* do *domínio de interesse*.

Modelo de Dados Hipermídia

Modelo de Dados Hipermídia é um *modelo de dados* que permita a especificação de um *aspecto* ou assunto relativo à *hipermídia*. Geralmente, esse tipo de *modelo de dados* é relativo à especificação de *hipertexto* ou *multimídia* ou ambos (que é mais do que a soma dos anteriores).

Multimídia

Multimídia se refere à possibilidade de utilização de qualquer tipo de mídia para armazenamento de *informação* e posterior recuperação e exibição. Geralmente se refere às características críticas das mídias temporalmente contínuas em relação à sincronização e especificação de percepção.

Navegação

Navegação é a forma primária de acesso à apresentação dos *aspectos* dos *dados*, permitindo ao usuário escolher a seqüência dessa apresentação, através da escolha de *ligações* indicadas através de *âncoras*. A navegação é parte *hipertexto* do que deve ser especificado através de um *modelo de dados hipermídia*.

Nó (Definição 14)

Nó funciona como um repositório estruturado de *descrição* de *elementos de informação*, constituintes de *dados*, destinado a ser percebido e manipulado interativamente.

Nós atômicos são blocos de *descrição* atômicos, que perdem toda sua utilidade caso sejam subdivididos, cada um corresponde a um tema único.

O termo nó dá lugar ao termo **componente de informação**, preferido em função do modelo de referência Dexter. E o nó atômico dá lugar ao termo **componente multimídia**.

Objeto de Exibição

Um objeto de exibição corresponde rudemente ao que é exibido ao usuário. Um **objeto multimídia** pode dar origem a diferentes objetos de exibição.

Objeto Multimídia

Objeto multimídia, resultado de processos de captura ou representação na presença de **multimídia**, pode ser um agregado altamente estruturado de componentes mais simples.

Um objeto multimídia simples ou **componente multimídia** simples pode ser visto como um pedaço de **dados**, cujo **conteúdo** está relacionado a qualquer um dentre os diferentes tipos de mídia.

Registro (Definição 8)

Registro é considerado o resultado do ato de registrar abrangendo tanto a representação de elementos de interesse como a sua captura em mídia digital ou analógica. O termo é usado para indicar o quê foi armazenado sobre um **domínio de interesse**.

Restrição (Definição 18)

Restrição corresponde às condições para consistência e integridade do **conteúdo** e **estrutura** resultantes da ação de **operações** dos **elementos de informação**.

Semântica

Semântica é a disciplina que lida com relacionamentos entre palavras e coisas às quais se referem essas palavras.

Semântica de Navegação (Definição 5)

A semântica de navegação ou semântica de browsing tem o propósito de especificar como as estruturas de **informação** são visualizadas e como pode-se navegar através delas.

Significado (Definição 12)

Significado ajuda na interpretação de um **predicado**, i.e., daquilo que se registra ou representa sobre o **elemento de informação**. **Asserção**.

Transclusão

Transclusão é um termo que significa que o destino de uma *ligação*, sendo constituído por um conteúdo externo ao documento sendo exibido, parece fazer parte do documento onde está a origem dessa *ligação* quando de sua exibição.

Tour

Tour é um tipo especial de construção para *navegação* que envolve *ligações* e entidades implementadas. Através dela a *navegação* ocorre como uma seqüência pelas entidades, que formam uma coleção de itens. A construção permite ao usuário mover-se pela seqüência para frente ou para trás. Existem um número de variações úteis para tours [isakowitz95:cacm].

Visão-T

A Visão-T corresponde à visão de um espaço tetra-dimensional de especificação para a caracterização de *dados*, considerando *modelos de dados infológicos*.

Volume de Percepção

Volume de percepção é a denominação dada a um *componente de informação*, ou parte dele, quando se considera que o mesmo é uma base de referência para a especificação ao equivalente a visões de bases de dados.

WWW

World Wide Web, é uma arquitetura cliente-servidor onde o sistema em que os dados ficam armazenados é o servidor. Existem vários servidores na rede e clientes acessam um servidor através de uma definição de endereço chamada *URL*.

A WWW é um ambiente hipertexto distribuído construído sobre a Internet [rutledge96:eval].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [adjero97:ieeemm] D.A. Adjeroh and K.C. Nwosu
Multimedia Database Management - Requirements and Issues
IEEEMM, july/september, 1997, pp.
- [aho92:foun] A.V. Aho and J.D. Ullman
Foundations of Computer Science
Computer Science Press, 1992
ISBN 0.7167.8233.2
- [appelt93:cjour] W. Appelt and N. Tetteh-Lartey
The Formal Specification of the ISO Open Document Architecture (ODA) Standard
The Computer Journal, 36(3):267-279, 1993
- [beer90:logic] C. Beerl and Y. Komatzky
A Logical Query Language for Hypertext Systems
Proc. Of European Conference on Hypertext, ECHT'90, 1990
- [bertino88:incs] E. Bertino and F. Rabitti and C. Thanos
MULTOS: A document server for distributed office systems
Lecture Notes in Computer Science, 303, 606-615, 1988
- [berra92:issue] P. B. Berra and C-Y. R. Chen and A. Ghafoor and T. D. C. Little
Issues in Networking and Data Management of Distributed Multimedia Systems
Proceedings of the Symposium on High-Performance Distributed Computing, sep/1992
- [bieber97:ieeec] M. Bieber and F. Vitali
Toward Support for Hypermedia on the World Wide Web
IEEE Computer, 30(1):62-70, jan/97
- [bieber95:cacm] M. Bieber and T. Isakowitz
Designing Hypermedia Applications
CACM, 38(8):26-29, aug/95
- [borgida84:gene] A. Borgida and J. Mylopoulos and H.K.T. Wong
Generalization/specialization as a basis for software specification
In On Conceptual Modelling, Perspectives from Artificial Intelligence, Databases, and Programming Languages
M.L. Brodie, J. Mylopoulos and J.W. Schmidt, Eds.
Springer-Verlag, 1984
- [bra92:exte] P. De Bra and G. Houben and Y. Komatzky
An Extensible Data Model for Hyperdocuments
4th ACM Conference on Hypertext, dec/92, pp. 222-231
<http://www.win.tue.nl/~debra/echt92/final.ps>
- [bra94:form] P. De Bra and G. Houben and Y. Komatzky
A Formal Approach to Analyzing the Browsing Semantics of Hypertext
<http://www.win.tue.nl/~debra/csn94/csn94.ps>

- [brown89:iast] A.W. Brown
From semantic data models to object orientation in design databases
 Info. and Soft. Technology, 31(1):39-46, jan/feb/89
- [burns86:signr] T. Burns and E. Fong and E. Jefferson and R. Knox and L. Mark and C. Reedy
 and L. Reich and N. Roussopoulos and N. Truszowski
Reference Model for DBMS Standardization
 Database Architecture Framework Task Group of the ANSI/X3/SPARC Database System
 Study Group
 ACM Sigmod Rec., 15(1):19-58, 1986
- [bush45:aswe] V. Bush
As We May Think
 Atlantic Monthly, jul/45, pp. 101-108
 available at <http://www.isg.sfu.ca/~duchier/misc/vbush/>
- [carneiro94:adv] L.M.F. Carneiro and M.H. Coffin and D.D. Cowan and C.J.P. Lucena
ADVCharts, a Visual Formalism for Highly Interactive Systems
 In M.D. Harrison and C. Johnson editors
 "Software Engineering in Human-Computer Interaction"
 Cambridge University, 1994
- [cattell94:odmg] R. G. G. Cattell
The Object Database Standard: ODMG-93
 Morgan Kaufman, 1994
 ISBN 1.55860.302.6
- [chen76:ermo] P. Chen
The Entity-Relationship Model: Toward a unified view of data
 ACM Trans. Database Sys., 1(1):9-36, mar/76
- [chiu96:3-dim] D.K.W. Chiu and Q. Li
A 3-Dimensional Perspective on Integrated Management of Rules and Objects
 Technical Report HKUST-CS96-38
 Department of Computer Science, Hong Kong University of Science and Technology
- [chorafas94:immd] D.N. Chorafas
Intelligent Multimedia Databases
 Prentice-Hall, 1994
 ISBN 0.13.031188-X
- [codasy178:ddl] Codasy1
Data Description Language Journal of Development
 Material Data Management Branch
 Dep. of Supply and Services, Ottawa
- [codd70:cacm] E.F. Codd
A relational model of data for large shared data banks
 CACM, 13, pp. 377-387
- [codd79:tods] E.F. Codd
Extending the database relational model to capture more meaning
 ACM Trans. Database Sys., 4(4):397-434, dec/79

[colaitis94:ieeemm] Françoise Colaitis
Opening Up Multimedia Object Exchange with MHEG
IEEE Multimedia, 1(2):80-84, summer/94

[coleman94:ode] D. Coleman and P. Arnold and S. Bodoff and C. Dollin and H. Gilchrist and F. Hayes and P. Jeremaes
Object-oriented development: The fusion method
Prentice-Hall, 1994
ISBN 0.13.338823.9

[date83:idbs] C.J. Date
An Introduction to Database Systems, vol. 2, 1983
Addison-Wesley
ISBN 85.7001.494.5
traduzido pela Ed. Campus, ed. 1988
Banco de Dados, tópicos avançados

[elmasri89:fdbs] R. Elmasri and S.B. Navathe
Fundamentals of Database Systems
The Benjamin/Cummings Pub. Co., 1989
ISBN 0.8053.0145.3

[engelbart63:acon] D.C. Engelbart
A Conceptual Framework for the Augmentation of Man's Intellect
in Vistas in Information Handling, vol 1, Spartan Books, 1963

[flynn95:wwwh] P. Flynn
The World Wide Web Handbook: An HTML Guide for Users, Authors and Publishers
International Thompson Computer Press, 1995
ISBN 1.85032.205.8

[fox93:sourc] E. A. Fox
Source Book on Digital Libraries,
TR 93-35, Dept. of Computer Science, Virginia Tech
available at <ftp://fox.cs.vt.edu/pub/DigitalLibrary>

[furuta90:tre] R. Furuta and P.D. Stotts
The Trellis Hypertext Reference Model
Proc. of the Hypertext Standardization Workshop by NIST, 1990

[garg88:cacm] P. K. Garg
Abstraction Mechanisms in Hypertext
CACM, 31(7):862-870, jul/88

[garzotto93:tois] F. Garzotto and P. Paolini and D. Schwabe
HDM - A Model-Based Approach to Hypertext Application Design
ACM ToIS, 11(1):1-26, jan/93

[ghafoor95:mmdbs] A. Ghafoor
Multimedia Database Management Systems
ACM Computing Surveys, 27(4):593-598, dec/95

- [gibbs94:data] S. Gibbs and C. Breiteneder and D. Tschritzis
Data Modeling of Time-Based Media
 Proceedings of the 1994 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data,
 pp:91-102, jun/94
 ISBN 0-89791-639-5
- [ginige95:ieeemm] A. Ginige and D.B. Lowe and J. Robertson
Hypermedia Authoring
 IEEE Multimedia, winter, 1995, pp. 24-35
- [groenbaek94:cacm] K.Groenbaek and R.H. Trigg
Design Issues for a Dexter-Based Hypermedia System
 CACM, 37(2):40-49, fev/94
- [groenbaek96:towa] K.Groenbaek and R.H. Trigg
Toward a Dexter-based model for open hypermedia: Unifying embedded references and link objects
 7th ACM Conf. On Hypertext, Hypertext'96, 1996
 available at <http://www.cs.unc.edu/~barman/HT96/P71/Groenbaek-Trigg.html>
- [haan92:cacm] B. J. Haan and P. Kahn and V. A. Riley and J. H. Coombs and N. K. Meyrowitz
IRIS Hypermedia Services
 CACM, 35(1):36-51, jan/92
- [halasz88:cacm] F. Halasz
Reflections on Notecards: Seven Issues for the Next Generation of Hypermedia Systems
 CACM, 31(7):836-855
- [halasz91:seven] F. Halasz
Seven Issues Revisited
 In Hypertext 91 Conference Closing Plenary, 1991
- [halasz94:cacm] F. Halasz and M. Schwartz
The Dexter Hypertext Reference Model
 CACM, 37(2):30-39, fev/94
- [hall94:iast] W. Hall and H. Davis
Hypermedia link services and their application to multimedia information management
 Information and Software Technology, 36(4): 197-202, 1994
- [hammer81:tods] M. Hammer and D. McLeod
Database description with SDM: A semantic data model
 ACM Trans. Database Sys., 6(3):351-386, sep/81
- [hardman94:cacm] L. Hardman and D. Bulterman and G. van Rossun
The Amsterdam Hypermedia Model: Adding Time and Context to the Dexter Model
 CACM, 37(2):50-62, fev/94
- [hardman95:using] L. Hardman and D. Bulterman
Using the Amsterdam Hypermedia Model for Abstracting Presentation Behavior
 ACM Workshop on Effective Abstractions in Multimedia, 1995
 available at <http://www.cs.tufts.edu/sabel/hardman/hardman.html>

- [havel97:ieeec] D. Havel and E. Gery
Executable object modeling with statecharts
 IEEE Computer, 30(7):31-42, jul/97
- [herman94:premo] I. Herman and S. Carson and J. Davy and P. J. W. Hagen and D. A. Duce
 and W. T. Hewitt and K. Kansy and B. J. Lurvey and R. Puk and G. J. Reynolds and H.
 Stenzel
PREMO: An ISO Standard for a Presentation Environment for Multimedia Objects
 Submitted to ACM Multimedia'94 Conference, 1994
- [herman96a:ieeemm] I. Herman and G.J. Reynolds and J. van Loo
Premo: An Emerging Standard for Multimedia Presentation, Part I: Overview and Framework
 IEEE Multimedia, Fall/96, 3(3):83-89
- [herman96b:ieeemm] I. Herman and G.J. Reynolds and J. van Loo
*Premo: An Emerging Standard for Multimedia Presentation, Part II: Specification and
 Applications*
 IEEE Multimedia, Winter/96, 3(4):72-75
- [horak85:ieeec] W. Horak
*Office Document Architecture and Office Document Interchange Formats: Current Status of
 International Standardization*
 IEEE Computer, 18(10):50-60, oct/85
- [huges91:oodb] J.H. Huges
Object-Oriented Databases
 Prentice Hall, 1991
- [hunter89:cocom] R. Hunter and P. Kaijser and F. Nielsen
ODA: A document architecture for open systems
 Comput. Commun., 12(2):69-79, apr/89
- [ieee96:work] IEEE CS Press
Int'l Workshop on Multimedia Software Development
 IEEE CS Press, 1996
- [isakowitz95:cacm] T. Isakowitz and E. A. Stohr and P. Balasubramanian
RMM: A Methodology for Structured Hypermedia Design
 CACM, 38(8):34-44, aug/95
- [isakowitz97:exten] T. Isakowitz and A. Kamis and M. Koufaris
Extending RMM: Russian Dolls and Hypertext
 Proc. Of Hawaii Int'l Conference on System Sciences, jan/97
- [isakowitz98:extended] T. Isakowitz and A. Kamis and M. Koufaris
The Extended RMM Methodology for Web Publishing
 Under review at ACMTolS
mm-java.stern.nyu.edu/rmm
- [isocd13522] Committee Draft International Standard
*Information Technology - Coding of Multimedia and Hipermedia Information
 MHEG Part I - Object Representation and Base Notation (ASN.1),*
 ISO/IEC CD13522-1, 1995

[isoiec10744] International Standard Organization
The Hypermedia Timed-Based Structuring Language, HyTime
ISO/IEC 10744, 1992

[isoiec14478] Committee Draft International Standard
Presentation Environment for Multimedia Objects, PREMO
Part 4: Modelling, Rendering and Interaction Component
ISO/IEC CD14478-4, 1996

[isois8613] International Standard Organization
Text and Office Systems - Office Document Architecture (ODA) and Interchange Formats
ISO/IEC IS8613, 1988

[isois8879] International Standard Organization
Standard Generalized Markup Language (SGML)
ISO/IEC IS8879, 1986

[jacobson92:oose] I. Jacobson
Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach
Addison-Wesley, 1992
ISBN 0.201.54435.0

[kappe91:aspe] F.M. Kappe
Aspects of a Modern Multi-Media Information System
Doctor of Technical Science Thesis
Graz University of Technology, Austria, june/1991

[kappe93:hyper] F.M. Kappe and H. Maurer and N. Sherbakov
Hyper-G - A Universal Hypermedia System
Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, 2(1):39-66, 1993

[karmouch96:ieeemm] A. Karmouch and J. Emery
A Playback Schedule Model for Multimedia Documents
IEEE Multimedia, 3(1):50-61, spring, 1996

[kim90:oodb] W.Kim
Introduction to Object-Oriented Databases
The MIT-Press, 1990
ISBN 0.262.11124.1

[kinane95:dist] B. Kinane
Distributing Public Network Management Systems Using CORBA
in Open Distributed Processing: Experiences with Distributed Environments, Proceedings of
the IFIP International Conference on Open Distributed Processing, ICODP'95, feb/1995, pp.
117-130

[king84:unif] R. King and D. McLeod
A unified model and methodology for conceptual database design
In On Conceptual Modelling, Perspectives from Artificial Intelligence, Databases, and
Programming Languages
M.L. Brodie, J. Mylopoulos and J.W. Schmidt, Eds.
Springer-Verlag, 1984

[koegel92:visual] J.F. Koegel and J.L. Rutledge and J. Heines
Visual Programming Abstractions for Interactive Multimedia Presentation Authoring
Proc. IEEE Int'l Workshop on Visual Languages, 1992

[koegel93:hyoct] J. Koegel and L. Rutledge and J. Rutledge and C. Keskin
HyOctane: A HyTime Engine for an MMIS,
Proceedings of the 1st ACM International Conference on Multimedia, aug/93, pp. 129-136

[kuijpers96:oodbhm] P. Kuijpers
Object-Oriented Databases and Hypermedia
wwwwis.cs.utwente.nl:8080/~kuijpers/hyper/dbhyp.htm

[lange90:form] D.B. Lange
A Formal Model for Hypertext
Proc. NIST Hypertext Standardization Workshop, feb/90, pp. 145-166

[lange94:anoo] D. Lange
An Object-Oriented design method for hypermedia information systems
Proc. of the 27th Annual Hawaii International Conference on System Science, 1994

[langefors77:infos] B. Langefors
Information Systems Theory
Information Systems, 2, pp. 207-219

[leggett94:cacm] J.J. Leggett and J.L. Schnase
Viewing Dexter with Open Eyes
CACM, 37(2):76-86, feb/94

[li94:roles] Q. Li and F.H. Lochovsky
Roles: extending Object Behavior to Support Knowledge Semantics
Proc. Int'l Symp. on Advanced Database Technologies and Their Integration, 1994

[light97:pres] R. Light
Presenting XML
SAMS Publishing 1997
ISBN 1-57521-334-6

[lucarella96:tois] D. Lucarella and A. Zanzi
A Visual Retrieval Environment for Hypermedia Information Systems
ACM ToIS, 14(1):3-29, jan/96

[mendes97:arch] M. Mendes and O. Falsarella and I. Fontes and S. Krause and W. Loyolla
and C. Mendez and P.S. Silva and C.M. Tobar
Architectural Considerations about Open Distributed Agent Support Platforms
3rd International Symposium on Autonomous Decentralized Systems, ISADS
Berlin, Germany, april, 1997

[meyer-boudnik95:ieeemm] T. Meyer-Boudnik and W. Effelsberg
MHEG Explained
IEEE Multimedia, 2(1):26-38, spring/95

[mühlhäuser96:ieeemm] M. Mühlhäuser and J. Gecsei
Services, Frameworks, and Paradigms for Distributed Multimedia Applications
IEEE Multimedia, 3(3):48-61, fall/96

[navathe92:cacm] S.B. Navathe
Evolution of Data Modeling for Databases
CACM 35(9):112-123, sep/92

[nelson67:gett] T.H. Nelson
Getting it out of our System
Information Retrieval: A Critical Review, G. Schechter, ed.
Thompson Books, 1967

[newcomb91:cacm] S. R. Newcomb and N. A. Kipp and V. T. Newcomb
The HyTime, Hypermedia/Time-based Document Structuring Language
CACM 34(11):67-83, nov/91,

[newcomb95a:ieeemm] S.R. Newcomb
Multimedia Interchange Using SGML/HyTime, part I
IEEE Multimedia, summer/95, pp.86-89

[newcomb95b:ieeemm] S.R. Newcomb
Multimedia Interchange Using SGML/HyTime, part II
IEEE Multimedia, fall/95, pp.60-64

[omg97:corba] Object Management Group
The Common Object Request Broker: Architecture and Specification
Rev. 2.1, aug/97
available at <http://www.omg.org/corba/c2indx.htm>

[pazandak97:ieeemm] P. Pazandak and J. Srivastava
Evaluating Object ODBMs for Multimedia
IEEEMM, july/september, 1997, pp.

[parsaye89:idb] K. Parsaye and M. Chignell and D. Khoshafian and H. Wong
Intelligent Databases
John Wiley and Sons, 1989
ISBN 0.471.50346.0

[peckham88:acmcs] J. Peckham and F. Maryanski
Semantic Data Models
ACM Computing Surveys, 20(3):153-189, sep/88

[percini90:objec] B. Percini
Objects with Roles
Proc. ACM Conf. on Office Information Systems, pp. 205-215, 1990

[price93:mheg] R. Price
MHEG: An introduction to the future international standard for hypermedia object interchange
Proceedings of the 1st ACM International Conference on Multimedia, pp. 121-128, 1993

- [ricarte96:towa] I. Ricarte and C. Tobar
Towards an Architecture for Distributed Multimedia Databases
 Proc. Int'l Conference on Intelligent Information Management Systems, ISMM,
 pp. 65-68, jun, 1996
- [rishe92:dbdes] N. Rishe
Database Design: The Semantic Modeling Approach
 McGraw-Hill, 1992
 ISBN 0.07.052955.8
- [rumbaugh91:oomd] Rumbaugh and M. Blaha and W. Premerlani and F. Eddy and W.
 Lorensen
Object Oriented Modeling and Design
 Prentice Hall, 1991
- [rutledge96:eval] L. Rutledge
Evaluations of and Extensions to a Second Generation Hypermedia Model
 Doctor of Science Thesis
 University of Massachusetts Lowell, 1996
<http://www.cwi.nl/~lloyd/Papers>
- [rutledge97:gene] L. Rutledge and J. Ossenbruggen and L. Hardman and D.C.A Bulterman
 and A. Eliëns
Generic Hypermedia Structure and Presentation Specification
 Proc. of ICCCI/FIP Conference on Electronic Publishing, 1997
- [salminen95:tois] A. Salminen and J. Tague-Sutcliffe and C. McClellan
From Text to Hypertext by Indexing
 ACM ToIS, 13(1):69-99, jan/95
- [sawhney97:ieeemm] N. Sawhney and D. Balcom and I. Smith
Authoring and Navigating Video in Space and Time
 IEEE Multimedia, 4(4):30-39, oct/dec 1997
- [schnase93:tois] J. L. Schnase and J. J. Leggett and D. L. Hicks and R. L. Szabo
Semantic Data Modeling of Hypermedia Associations
 ACM ToIS, 11(1):27-50, jan/93
- [schwabe95:abst] D. Schwabe and G. Rossi and S.D.J. Barbosa
Abstraction, Composition and Lay-Out Definition Mechanisms in OOHDM
 ACM Workshop on Effective Abstractions in Multimedia, 1995
 available at <http://www.cs.tufts.edu/~isabel/schwabe/MainPage.html>
- [schwabe96:syst] D. Schwabe and G. Rossi and S.D.J. Barbosa
Systematic Hypermedia Application Design with OOHDM
 Proc. 7th ACM Conference on Hypertext, Hypertext'96, 1996
 available at <http://www.inf.puc-rio.br/~schwabe/HT96WWW>
- [soares93:modelo] L.F.G. Soares and M.A. Casanova and N.L.R. Rodrigues
Um Modelo Conceitual Hipermídia com Nós Decomposição e Controle de Versões
 Anais do VII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, SBES'93, Rio de Janeiro, out/93,
 pp. 365-380

[soares95:nested] L.F.G. Soares and M.A. Casanova and N.L.R. Rodrigues
Nested composite nodes and version control in an open hypermedia system
Int'l Journal on Information Systems, Special Issue on Multimedia Information Systems, sep/95

[soares97:autoria] L.F.G. Soares and M.A. Casanova and N.L.R. Rodrigues
Autoria e formatação estruturada de documentos hipermídia com restrições temporais
Anais do III Workshop em Sistemas Multimídia e Hipermídia, WOMH'97, São Carlos, maio/97,
pp. 183-197

[steinmetz95:mm] R. Steinmetz and K. Nahrstedt
Multimedia: Computing, Communication and Applications
Prentice Hall, 1995
0.13.324435.0

[taylor76:acmcs] R.W. Taylor and R.L. Frank
CODASYL data-base management systems
ACM Comp. Surv., 8(1):67-103, mar/76

[tobar95:mult] C. Tobar and I. Ricarte
Multimedia Database, A Distributed Object Database System for Multimedia Support
Open Distributed Processing: Experiences with Distributed Environments, Proceedings of the
IFIP International Conference on Open Distributed Processing, ICODP'95,
pp. 439-450, feb, 1995

[tobar96:model] C. M. Tobar
Modelando Dados: De Registros a Hipermídia (E além?)
Revista do Instituto de Informática da PUC-Campinas, 4(2):7-22, julho/dezembro 1996

[tobar97:evol] C. M. Tobar
A Evolução da Modelagem de Dados: de Registros a Hipermídia
Anais da II Escola Regional de Informática da SBC - Regional São Paulo, junho/1997,
pp. 7-23
Universidade Metodista de Piracicaba

[tobar97:categ] C. M. Tobar and I. L. Ricarte
Categorização de Modelos Disponíveis no Mapa de Categorização Abstrata
Technical Report DCA-1997/12
Department of Computer Engineering and Industrial Automation,
State University of Campinas - UNICAMP, Brazil, nov/97
available at <ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/techrep/1997/DCA97-012.ps.gz>

[tobar98:frame] C. M. Tobar and I. L. Ricarte
A Framework for Assessing and Comparing Multimedia and Hypermedia Authoring Methodologies
Int'l Workshop on Multimedia Software Engineering, MSE98,
Int'l Conference on Software Engineering, Kyoto, Japan, april, 1998
available at <http://www.dca.fee.unicamp.br/~tobar/mse/mse98.ps>

[tsichritzis76:acmcs] D. C. Tsichritzis and F. H. Lochovsky
Hierarchical database management: a survey
ACM Comp. Surv., 8(1):105-123, mar/76

[tsichritzis78:ansi] D.C.Tsichritzis and A.Klug
The ANSI/X3/SPARC DBMS Framework: Report of the Study Group on Data Base Management Systems
Information Systems, 3, 1978

[tsichritzis82:data] D. C. Tsichritzis and F. H. Lochovsky
Data Models
Prentice-Hall, 1982
ISBN 0.13.196428.3

[turine98:hmbms] M.A.S. Turine
HMBS: Um Modelo Baseado em Statecharts para a Especificação Formal de Hiperdocumentos
Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998

[turoff95:comp] M. Turoff and S.R. Hiltz
Computer Based Delphi Processes
Gazing into the Oracle: The Delphi Method and its Application to Social and Public Health, pp. 56-88
M. Adler and E. Ziglio eds.
Kingsley Pub., 1995

[vogel95:jeeemm] A. Vogel and B. Kerhervé and G. Bochmann and J. Gecsei
Distributed Multimedia and QoS: A Survey
IEEE Multimedia, 2(2):10-18, summer/1995

[vossen91:data] G. Vossen
Data Models, Database Languages and Database Management Systems
Addison-Wesley, 1991
ISBN 0.201.41604.2

[wiederhold83:dbdes] G. Wiederhold
Database Design
McGraw Hill, 1983

[zellweger92:towa] P.T. Zellweger
Toward a Model for Active Multimedia Documents
in Blattner and Dannenberg
Multimedia Interface Design
ACM Press, 1992
ISBN 0.201.54981.6