

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação

ISSN - 0103-2577

**EHDM: Método para Projeto de
Hiperdocumentos para Ensino**

**Luciano E. Pansanato
Maria das Graças Volpe Nunes**

N^o 43

**NOTAS DO ICMC
Série Computação**

**São Carlos
Março/1999**

EHDM: Método para Projeto de Hiperdocumentos para Ensino

Resumo

Este artigo apresenta o Método para Projeto de Hiperdocumentos para Ensino, ou EHDM (*Educational Hyperdocuments Design Method*), que proporciona uma abordagem sistemática para apoiar o projeto e desenvolvimento de aplicações hipermédia para ensino. O método utiliza o modelo proposto por Michener e a técnica de mapeamento conceitual para modelar o domínio de conhecimento do hiperdocumento. As três fases que compõem o método – modelagem conceitual hierárquica, projeto navegacional de contextos e construção e teste – são apresentadas. Uma ferramenta denominada *Educational Hyperdocuments Development Tool* (EHDT) foi desenvolvida para auxiliar o desenvolvimento de hiperdocumentos para ensino destinados ao sistema SASHE. Essa ferramenta utiliza o EHDM como base metodológica. O EHDT fornece mecanismos para facilitar laços de realimentação rápidos entre as fases do método e para apoiar abordagens de projeto *bottom-up* e *top-down*.

Palavras-chave: Hipermédia na Educação, Modelagem de Hiperdocumentos para Ensino, Métodos para Projeto de Hiperdocumentos para Ensino.

Abstract

This paper presents the Educational Hyperdocuments Design Method, or EHDM, which provides a systematic approach to support the design and development of educational hypermedia applications. It uses Michener's model and the technique of concept mapping for modeling the knowledge domain. The three phases that comprise the method – hierarchical conceptual modeling, contextual navigational design and construction and test – are presented. The Educational Hyperdocuments Development Tool (EHDT) was implemented to assist the development of educational hyperdocuments for the system SASHE. This tool uses the EHDM as methodological base. It also provides mechanisms that to facilitate fast feedback loops between the method phases and support bottom-up and top-down approaches.

Keywords: Hypermedia in Education, Modeling of Educational Hyperdocuments, Methods for Design of Educational Hyperdocuments.

EHDM: Método para Projeto de Hiperdocumentos para Ensino¹

Luciano Tadeu Esteves Pansanato
Maria das Graças Volpe Nunes
{esteves, mdgvnune}@icmc.sc.usp.br

Departamento de Ciências de Computação e Estatística
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
Universidade de São Paulo

1 Introdução

A disseminação da Internet abriu nova perspectiva para a educação, principalmente devido ao seu potencial de comunicação e acesso à informação. O serviço *World Wide Web* (WWW), um dos que contribuíram para o sucesso atual da Internet, utiliza a tecnologia hipermídia, que permite a exploração livre (pelo usuário) de páginas com informações representadas por diversas mídias e estruturadas através de ligações. Essa característica das aplicações hipermídia² cria um ambiente favorável à aquisição de conhecimento, incentivando a utilização desta tecnologia na educação.

Nesse contexto de ensino, além dos problemas de falta de coerência (Thüring et al., 1995) e sobrecarga cognitiva (Conklin, 1987), o controle que o aprendiz é capaz de ter sobre o material didático em aplicações hipermídia também é uma questão importante por causa da responsabilidade que este passa a ter no processo de aprendizagem (Large, 1996). A demanda cognitiva sobre o aprendiz é maior porque ele deve tomar as decisões corretas para que o aprendizado ocorra de fato.

Um resultado mais efetivo pode ser obtido se for possível estabelecer um equilíbrio entre o controle do aprendiz e do sistema, de modo a oferecer um certo grau de orientação para que o aprendiz possa atingir seu objetivo sem perder a flexibilidade da leitura (Large, 1996).

Obter esse resultado corresponde a introduzir estratégias pedagógicas nas aplicações hipermídia, mas essa tarefa é difícil porque os sistemas de autoria hipermídia tradicionais (*HyperCard* e *ToolBook*, por exemplo) possuem apenas recursos genéricos para auxiliar o autor no desenvolvimento de aplicações. Além disso, sem um sistema de autoria a aplicação deve ser construída de maneira “*ad hoc*” utilizando-se uma linguagem de programação ou de *script*, dificultando ainda mais a tarefa e elevando os custos de desenvolvimento.

Qualquer que seja a abordagem utilizada para o desenvolvimento de uma aplicação hipermídia, é necessário elaborar uma estrutura para as informações. Segundo Jonassen e Grabinger (1990), o problema mais importante no desenvolvimento de aplicações hipermídia é decidir como estruturar as informações. A resposta para essa questão depende, em parte, sobre de que maneira a aplicação será utilizada, pois as diversas aplicações exigem estruturas diferentes.

¹ Este trabalho teve o apoio do PICDT/CAPES e CNPq (#301365-91.1)

² O termo “aplicações hipermídia” será utilizado para referir as aplicações tanto de hipertexto quanto de hipermídia.

No caso de aplicações hipermídia para ensino, é desejável uma estrutura que inclua o material essencial ou relevante, sem eliminar o secundário, o complementar, desde que este não seja conflitante com o anterior e que possa contribuir para os objetivos do aprendiz (Nunes & Fortes, 1997). Além disso, a estrutura também deve incluir informações que representem as estratégias pedagógicas utilizadas pela aplicação.

Dessa forma, é desejável que durante o desenvolvimento de uma aplicação hipermídia para ensino, o autor consiga visualizar com clareza a estrutura da mesma para que ele possa organizar as informações conforme as estratégias pedagógicas adotadas, de maneira a atingir os seus objetivos (e também os do aprendiz). Portanto, existe a necessidade de prover mecanismos adequados para auxiliar o autor nesse sentido, e trazer ganhos de produtividade e redução dos custos de desenvolvimento.

A utilização de um modelo de representação para o domínio da aplicação pode auxiliar o autor na atividade de autoria porque permite que ele trabalhe em um nível de abstração mais próximo a este domínio, entre outras vantagens (Garzotto et al., 1993). Geralmente, esse modelo está inserido no contexto de um método, que pode oferecer uma abordagem mais sistemática e estruturada para realizar essa atividade.

Atualmente, existem vários métodos para projeto de aplicações hipermídia: HDM (*Hypertext Design Model*) (Garzotto et al., 1993), RMM (*Relationship Management Methodology*) (Isakowitz et al., 1995), OOHDM (*Object-Oriented Hypermedia Design Method*) (Schwabe & Rossi, 1995; Schwabe et al., 1996), EORM (*Enhanced Object-Relationship Model*) (Lange, 1994) e HMBS/M (*Hypertext Model Based on Statecharts / Method*) (Carvalho, 1998).

Entretanto, esses métodos procuram a generalização de domínio, perdendo informações importantes sobre as características de um domínio mais específico, que para o caso do ensino é de fundamental importância. Além disso, ao aceitar qualquer domínio, esses métodos tendem a utilizar modelos de representação que são estranhos aos autores, fazendo com que estes tenham dificuldade em modelar o material instrucional.

Nesse contexto, este artigo apresenta o Método para Projeto de Hiperdocumentos para Ensino, ou EHDM (*Educational Hyperdocuments Design Method*), que tem como principal objetivo apoiar o projeto de aplicações hipermídia para ensino. O EHDM propõe uma série de etapas de projeto e fornece modelos de representação adequados para modelar o domínio de conhecimento e os aspectos navegacionais dessas aplicações.

Além da definição do EHDM, este artigo também apresenta o protótipo da Ferramenta para Desenvolvimento de Hiperdocumentos para Ensino, ou EHDT (*Educational Hyperdocuments Development Tool*), desenvolvido como uma ferramenta de suporte automatizado integrada ao SASHE (Sistema de Autoria e Suporte Hipermídia para Ensino) (Nunes et al., 1997; Santos, 1997; Santos et al., 1997), e que proporciona um ambiente de modelagem para auxiliar a autoria de hiperdocumentos neste sistema. O EHDM fornece a base metodológica para o EHDT.

2 EHDM – *Educational Hyperdocuments Design Method*

Os métodos para projeto de aplicações hipermídia fornecem primitivas para modelar o domínio da aplicação baseadas em diagramas E-R (RMM, por exemplo) ou em uma abordagem orientada a objetos (OOHDM, por exemplo). Portanto, esses métodos procuram abranger domínios genéricos e não cobrem todos os aspectos de um domínio mais específico, como o domínio de ensino. Além disso, os autores de hiperdocumentos educacionais encontram dificuldades para utilizar esses métodos porque seus modelos de representação não proporcionam uma linguagem adequada para essas aplicações.

De acordo com Isakowitz et al. (1995), o método RMM é mais adequado para o projeto de hiperdocumentos com estruturação e frequência de atualizações altas, por exemplo, um catálogo de produtos. Esta afirmação também é válida para os demais métodos, pois todos possuem paradigmas semelhantes. Os conceitos de navegação propostos por esses métodos são direcionados para a indexação de uma quantidade grande de informações (instâncias) relativamente simples e organizadas em coleções (classes ou entidades, por exemplo).

No entanto, um hiperdocumento destinado ao ensino é mais diretamente vinculado à resolução de um problema específico e bastante estruturado (Thüring et al., 1995). Esse tipo de hiperdocumento procura guiar intencionalmente os leitores através de um espaço de informações sobre um domínio de conhecimento.

O Método para Projeto de Hiperdocumentos para Ensino, ou EHDM (*Educational Hyperdocuments Design Method*), tem como principal objetivo auxiliar o projeto de hiperdocumentos educacionais. A característica principal do EHDM é a utilização de primitivas de categorias de conhecimento e relacionamentos para modelar o domínio de conhecimento do hiperdocumento.

O EHDM utiliza características do modelo proposto por Michener (1978), da técnica de Mapas Conceituais (Moreira & Buchweitz, 1987; Faria, 1995), e dos principais métodos para projeto de aplicações hipermídia encontrados na literatura (HDM, RMM, OOHDM, EORM, HMBS/M). Portanto, o EHDM pode ser considerado como o resultado do emprego de várias idéias oriundas dos métodos genéricos e do domínio de ensino, conforme ilustrado pela Figura 1.

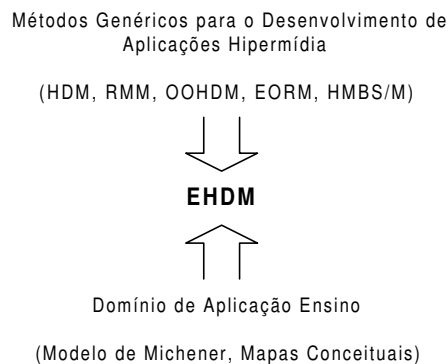


Figura 1: Ilustração do EHDM como o resultado do emprego de várias idéias

A Subseção 2.1 apresenta uma visão geral do processo do EHDM e situa o método em um ciclo de desenvolvimento. As Subseções 2.2, 2.3 e 2.4 apresentam as fases do método em detalhes. Alguns exemplos são apresentados com o objetivo de ilustrar os modelos utilizados pelo método. A Subseção 2.5 apresenta uma comparação do EHDM com os demais métodos para projeto de aplicações hipermídia da literatura. A Subseção 2.6 apresenta os trabalhos relacionados.

2.1 Fases do Método EHDM

O EHDM é composto por três fases distintas: (1) modelagem conceitual hierárquica, (2) projeto navegacional de contextos, (3) construção e teste. Essas fases podem ser visualizadas na Figura 2. As setas de linhas cheias indicam a seqüência do processo e as setas com linhas pontilhadas os possíveis laços de realimentação (“*feedback loops*”).

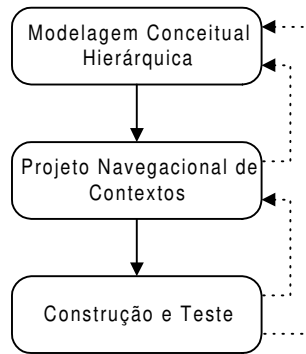


Figura 2: Fases do método EHDM

A fase de modelagem conceitual hierárquica consiste em estruturar o domínio de conhecimento, através da classificação de partes da teoria em categorias de conhecimento pré-definidas, e do estabelecimento de relações entre estas partes. O projeto navegacional de contextos deriva um modelo navegacional de contextos do modelo conceitual hierárquico criado na fase anterior. Contextos navegacionais, nós, elos, e estruturas de acesso são definidos durante o projeto navegacional de contextos. Na fase de construção, um hiperdocumento real é obtido através de um processo de tradução do modelo navegacional de contextos para uma plataforma hipermídia. Nessa fase também ocorrem os testes, que procuram identificar os erros ocorridos na construção do hiperdocumento.

O EHDM pode ser incorporado por várias metodologias. Por exemplo, o Ciclo de Vida por Prototipação Evolutiva, sugerido por Fortes (1996) para o desenvolvimento de hiperdocumentos, possui as etapas básicas esquematizadas na Figura 3; o EHDM pode ser utilizado durante a etapa de “Autoria” para a elaboração de um projeto rápido e a construção de um protótipo.

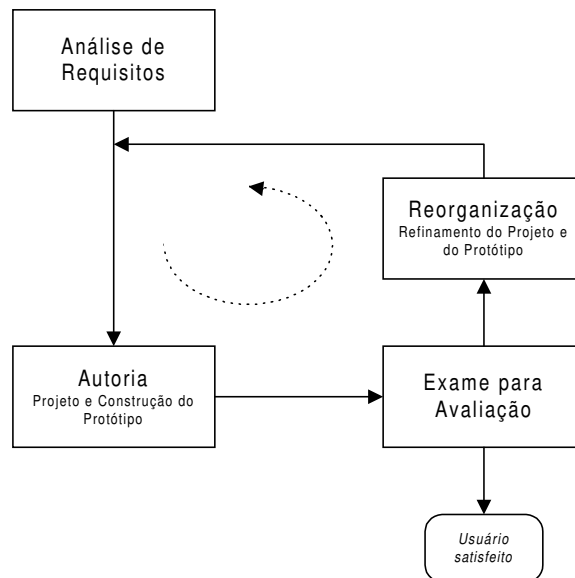


Figura 3: Etapas do Ciclo de Vida por Prototipação Evolutiva (Fortes, 1996)

2.2 Modelagem Conceitual Hierárquica

A fase de modelagem conceitual hierárquica tem como objetivo descrever o domínio de conhecimento escolhido para o hiperdocumento. Durante essa fase, um modelo conceitual hierárquico é construído para representar as partes relevantes do domínio de conhecimento e suas relações.

O modelo conceitual hierárquico foi baseado no modelo proposto por Michener (1978) e na teoria de Mapas Conceituais (Moreira & Buchweitz, 1987; Faria, 1995). Michener identifica três categorias fundamentais de conhecimento matemático (conceito, resultado e exemplo), fornece uma estrutura para cada categoria e discute associações entre elas. Um dos seus objetivos é propor uma representação desse domínio de conhecimento, que pode ser utilizado em várias aplicações computacionais. Apesar de Michener ter trabalhado no domínio da Matemática, suas idéias podem ser estendidas para domínios diferentes, por exemplo, História e Geografia.

Mapas conceituais são diagramas hierárquicos utilizados para ilustrar a estrutura conceitual de uma fonte de conhecimento. Em um mapa conceitual, os conceitos mais abrangentes ou gerais são colocados no topo do mapa. À medida que se desce, conceitos intermediários menos abrangentes (subordinados) são encontrados. Finalmente, na parte inferior do mapa, aparecem os conceitos mais específicos. Essa idéia, baseada no princípio da diferenciação progressiva de Ausubel, é utilizada pelo modelo conceitual hierárquico quando é necessário expandir um elemento conceitual mais geral em elementos conceituais mais específicos.

A seguir, são definidas as categorias de conhecimento, os relacionamentos que permitem estabelecer uma ordem dentro de cada categoria, e os relacionamentos que podem ser estabelecidos entre as categorias de conhecimento. É importante ressaltar que essas definições procuram extrapolar o domínio matemático com o objetivo de estender a modelagem para outros domínios. O EHDM fornece primitivas gráficas para representar as categorias e os relacionamentos de modo a facilitar a visualização do domínio de conhecimento modelado.

2.2.1 Categorias de Conhecimento e seus Relacionamentos de Ordem

O modelo conceitual hierárquico permite a classificação de partes de uma teoria em três categorias de conhecimento: Conceito, Resultado e Exemplo. A categoria Conceito abrange as características, propriedades, atributos, regularidades e/ou observações de um objeto, fenômeno ou evento relativo a um domínio de conhecimento. De um modo geral, as descrições, definições, princípios e procedimentos podem ser considerados como conceitos.

Alguns exemplos de conceitos identificados em vários domínios são apresentados a seguir: o ponto, a reta e o plano da Geometria; as definições de velocidade e aceleração da Física; as leis das reações químicas, como a lei de Lavoisier e a de Proust, da Química; a sociedade, cultura e natureza da História. A primitiva gráfica para a categoria Conceito é apresentada na Figura 4.

Os conceitos podem ser estruturados através de relacionamentos indicando que um conceito A deve ser apresentado antes de um conceito B, refletindo uma relação de ordem pedagógica. Essa relação pode representar simplesmente uma preferência na seqüência de apresentação dos conceitos ou ainda que a seqüência é pedagogicamente necessária para o aprendizado (relação de pré-requisito). As primitivas gráficas de relacionamento “precedência preferencial” e “precedência necessária”, apresentadas na Figura 4, são as abstrações do modelo para essas relações.

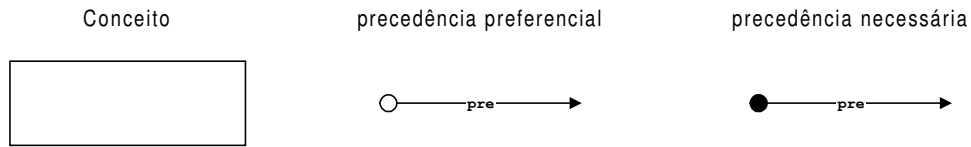


Figura 4: Primitivas gráficas para a categoria Conceito e seus relacionamentos de ordem

A Figura 5 mostra um exemplo de conceitos relacionados por “precedência necessária”. O conceito “Átomo” deve ser apresentado antes do conceito “Molécula”. A Figura 6 mostra um exemplo de conceitos relacionados por “precedência preferencial”. Os conceitos referentes aos estados físicos da matéria são apresentados preferencialmente nesta seqüência: “Sólido”, “Líquido” e “Gasoso”.

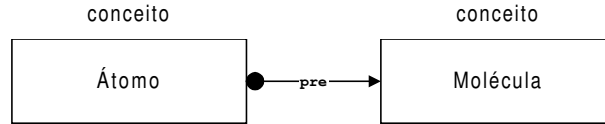


Figura 5: Exemplo de relação entre conceitos por “precedência necessária”

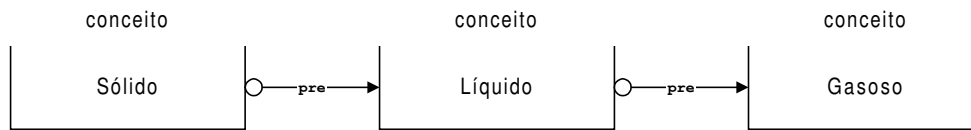


Figura 6: Exemplo de relação entre conceitos por “precedência preferencial”

A categoria Resultado abrange as conseqüências lógicas obtidas a partir de conceitos do domínio e de outros resultados previamente estabelecidos. Essa categoria inclui teoremas, deduções, generalizações, conseqüências e soluções.

Podem ser considerados como exemplos de resultados: os vários teoremas que podem ser estabelecidos a partir do conceito de triângulo retângulo, entre eles, o Teorema de Pitágoras; as equações dos movimentos da teoria de Mecânica, no domínio de Física; o Renascimento, no domínio de História, pois foi a conseqüência (ou resultante) de um complexo de causas (crescimento das cidades e do comércio, o desenvolvimento do humanismo, a influência das civilizações bizantinas e sarracenas etc.). A primitiva gráfica para a categoria Resultado é apresentada na Figura 7.

Os resultados podem ser estruturados através de uma relação de dedução, indicando que um resultado A deduz (ou deriva / causa) um resultado B. A primitiva gráfica para o relacionamento “dedução”, apresentada na Figura 7, representa essa relação no modelo.

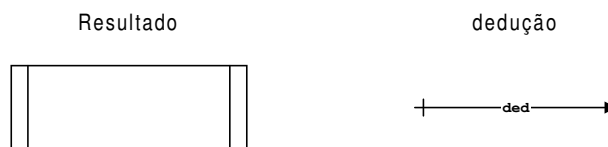


Figura 7: Primitivas gráficas para a categoria Resultado e seu relacionamento de ordem

A Figura 8 mostra um exemplo de relação entre resultados. O resultado “Equação de Torricelli” pode ser deduzido a partir do resultado “Equações do MUV”, uma vez que a equação de Torricelli é obtida das equações do movimento uniformemente variado, eliminando o tempo na equação horária do MUV, sendo que o tempo é isolado da equação da velocidade do MUV.

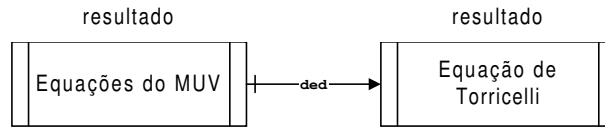


Figura 8: Exemplo de relação entre resultados

A categoria Exemplo abrange as instâncias individuais relativas a um conceito ou resultado identificado no domínio. As ilustrações e instanciações de conceitos e resultados são classificadas como exemplos. Por exemplo: a seqüência formada pelos anos bissextos, que ocorrem de quatro em quatro anos, é um exemplo para a teoria de Progressão Aritmética, no domínio de Matemática; o conjunto dos dados resultantes de experimentos são exemplos para a Física e Química; os documentos históricos em geral, como cartas, livros, fotografias, filmes, construções arquitetônicas etc. são exemplos para a História. A primitiva gráfica para a categoria Exemplo é apresentada na Figura 9.

Os exemplos podem ser estruturados por relacionamentos que refletem uma ordem de complexidade. Essa relação indica que um exemplo A é menos complexo (ou mais simples) que um exemplo B. A primitiva gráfica para o relacionamento “complexidade”, apresentada na Figura 9, representa a ordem de complexidade de exemplos no modelo.

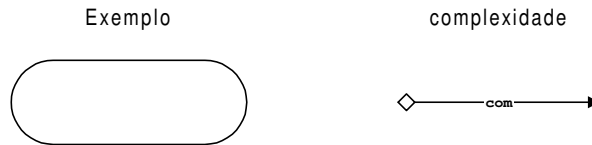


Figura 9: Primitivas gráficas para a categoria Exemplo e seu relacionamento de ordem

A Figura 10 mostra exemplos relacionados por ordem de complexidade. O átomo do Hidrogênio é um exemplo de átomo menos complexo que o do Alumínio, que por sua vez é menos complexo que o do Ferro (considerando-se o número de camadas eletrônicas de cada um).

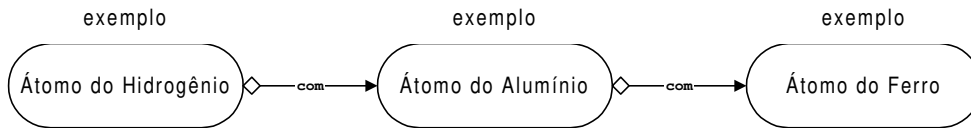


Figura 10: Exemplo de relação entre exemplos

2.2.2 Relacionamentos entre as Categorias de Conhecimento

Os relacionamentos que podem ser estabelecidos entre as categorias de conhecimento são baseados na idéia dual (*dual idea*) de Michener (1978), que destaca relações entre os espaços de representação definidos pelas três categorias junto com suas relações de estrutura. O conjunto de todos os relacionamentos definidos no modelo contribui para que o resultado de uma modelagem possa ser vista como um grafo orientado.

O relacionamento “motivação / ilustração” relaciona a categoria Exemplo com as outras duas categorias (Conceito e Resultado). Quando o relacionamento parte de um exemplo, considera-se que este exemplo é utilizado para motivar um conceito ou resultado. Por outro lado, quando um exemplo é destino do relacionamento, ele é utilizado para ilustrar um conceito ou resultado. A primitiva gráfica para o relacionamento “motivação / ilustração” é apresentada na Figura 11.

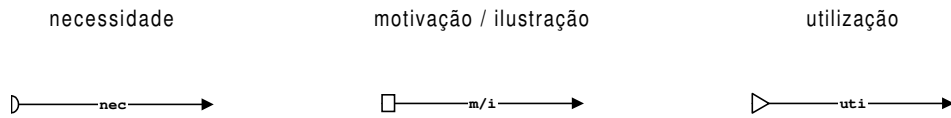


Figura 11: Primitivas gráficas para os relacionamentos entre as categorias de conhecimento

A Figura 12 mostra uma situação na qual ambas as formas do relacionamento foram utilizadas. O exemplo “Movimento da tartaruga” é utilizado para motivar o conceito “Movimento uniforme” (a tartaruga dificilmente varia sua velocidade), mas este conceito é ilustrado pelo exemplo “Carro em movimento”, um exemplo clássico para esta teoria.

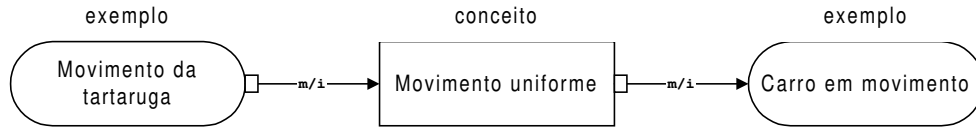


Figura 12: Exemplo para o relacionamento de “motivação / ilustração”

Os relacionamentos “necessidade” e “utilização” podem relacionar as três categorias de conhecimento. O relacionamento “necessidade” indica que um determinado item de uma categoria é necessário para discutir, descrever ou apresentar outro. A primitiva gráfica para o relacionamento “necessidade” é apresentada na Figura 11.

A Figura 13 mostra um exemplo desse relacionamento. O conceito “Velocidade” é necessário para descrever (ou provar) o resultado “Equação horária do Movimento Uniforme (MU)” (em uma abordagem de ensino onde a equação horária do MU é obtida a partir da definição do conceito de velocidade).

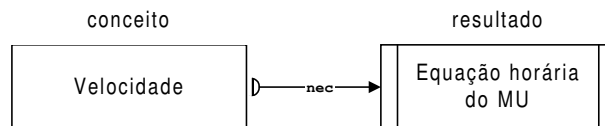


Figura 13: Exemplo para o relacionamento de “necessidade”

O relacionamento “utilização” indica que um item de uma categoria utiliza outro como base para sua construção ou definição. A primitiva gráfica para o relacionamento “utilização” é apresentada na Figura 11. Um exemplo para o relacionamento “utilização” é apresentado na Figura 14. O conceito “Condensação” é ilustrado pelo exemplo “Destilação”, que utiliza o conceito “Vaporização” na sua exposição. A destilação é um processo de purificação da água no qual é realizado uma condensação precedida por uma vaporização.

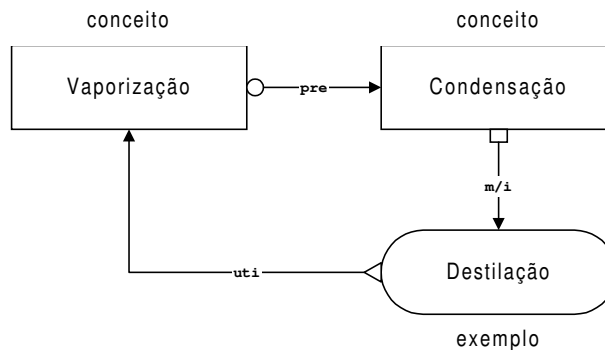


Figura 14: Exemplo para o relacionamento de “utilização”

A Figura 15 apresenta as três categorias de conhecimento e todos os relacionamentos do modelo em uma representação segundo a *Unified Modeling Language* (UML) (Rational, 1995), para esclarecer o significado dos relacionamentos que podem ser estabelecidos em cada categoria e entre as categorias.

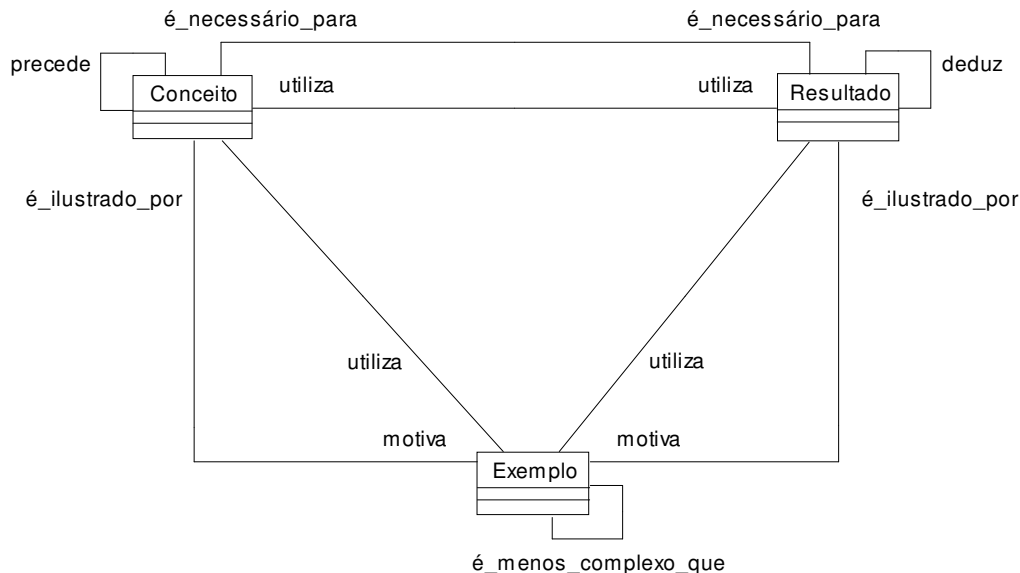


Figura 15: Representação das categorias e relacionamentos segundo a UML

Para uma visão mais geral da representação gráfica da modelagem, a Figura 16 mostra um exemplo de modelagem para a teoria de “Movimentos Retilíneos”, que é parte da teoria de Mecânica, no domínio da Física. Segundo o exemplo, os conceitos “Repouso, movimento e trajetória”, “Movimento uniforme”, “Velocidade”, “Movimento uniformemente variado” e “Aceleração” devem ser apresentados necessariamente nesta seqüência, devido aos relacionamentos de “precedência necessária”. Essa não é a única modelagem possível; alguns autores podem decidir abordar os conceitos de “Velocidade” e “Aceleração” antes dos conceitos referentes aos movimentos. O exemplo “Movimento da tartaruga” é uma motivação para o conceito de “Movimento uniforme” e o exemplo “Carro em movimento” é uma ilustração para vários conceitos, como pode ser observado pelos relacionamentos “ilustração / motivação” cujo destino é este exemplo. Os conceitos “Movimento uniforme” e “Velocidade” são necessários para descrever o resultado “Equação horária do MU”. Os conceitos “Velocidade”, “Movimento uniformemente variado” e “Aceleração” são necessários para descrever o resultado “Equações do MUV”. O resultado “Equação de Torricelli” pode ser deduzido a partir do resultado “Equações do MUV”, conforme descrito na subseção anterior.

Para ilustrar o uso do modelo em um domínio não matemático, a Figura 17 mostra uma modelagem para o conceito “Colonialismo no Brasil”, no domínio de História. Os conceitos “Colonialismo”, “Natureza e povos indígenas na visão do europeu”, “Exploração econômica de recursos naturais pelos colonizadores” e “Trabalho entre os povos indígenas” estão ordenados por relacionamentos de “precedência necessária”, indicando que esta seqüência é necessária para a aprendizagem. Esses conceitos, com exceção do conceito “Colonialismo”, são necessários para apresentar o resultado “Diferentes formas de posse e propriedade da terra”. Os resultados “Os grandes proprietários” e “A organização de trabalhadores”, deduzidos como conseqüências do resultado “Diferentes formas de posse e propriedade da terra”, derivam o resultado “Êxodo rural” que, por sua vez, deriva o resultado “Reforma Agrária”. Esse exemplo é baseado no livro

de História de Marques et al. (1994) e nos Parâmetros Curriculares Nacionais de História (Brasil, 1998).

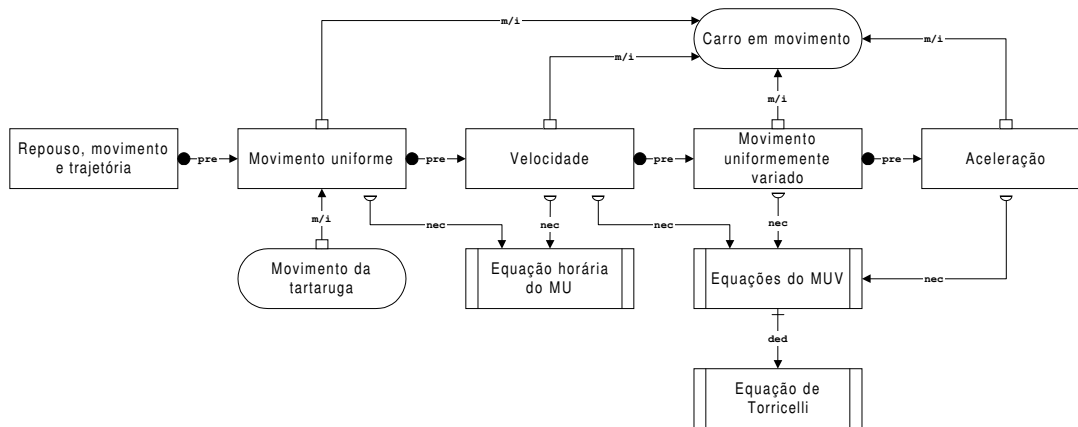


Figura 16: Exemplo de modelagem para a teoria “Movimentos Retilíneos”

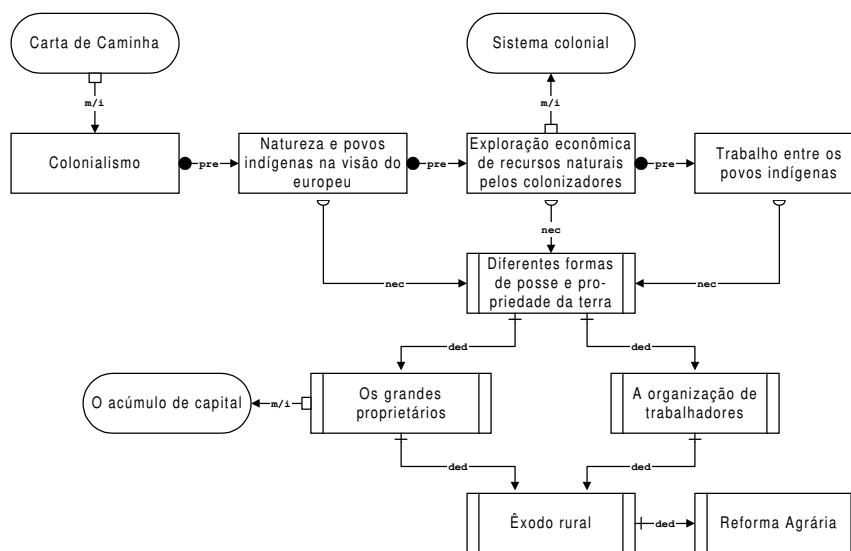


Figura 17: Exemplo de modelagem para o conceito “Colonialismo no Brasil”

2.2.3 Estruturação Hierárquica

O modelo conceitual hierárquico permite estruturar o domínio de conhecimento através da classificação das suas partes em categorias de conhecimento pré-definidas e do estabelecimento de relacionamentos entre estas partes. Os relacionamentos do modelo possuem uma semântica que procura favorecer a criação de uma representação do domínio de conhecimento com o objetivo de ensino. Partes do domínio de conhecimento que correspondem a elementos mais gerais, mais inclusivos, podem ser expandidos em elementos mais específicos em termos de detalhe e especificidade, criando uma hierarquia de elementos conceituais. Esse mecanismo de expansão hierárquica é baseado no princípio da diferenciação progressiva utilizado pelos Mapas Conceituais. A Figura 18 apresenta um exemplo de modelagem onde é utilizado o mecanismo de expansão hierárquica.

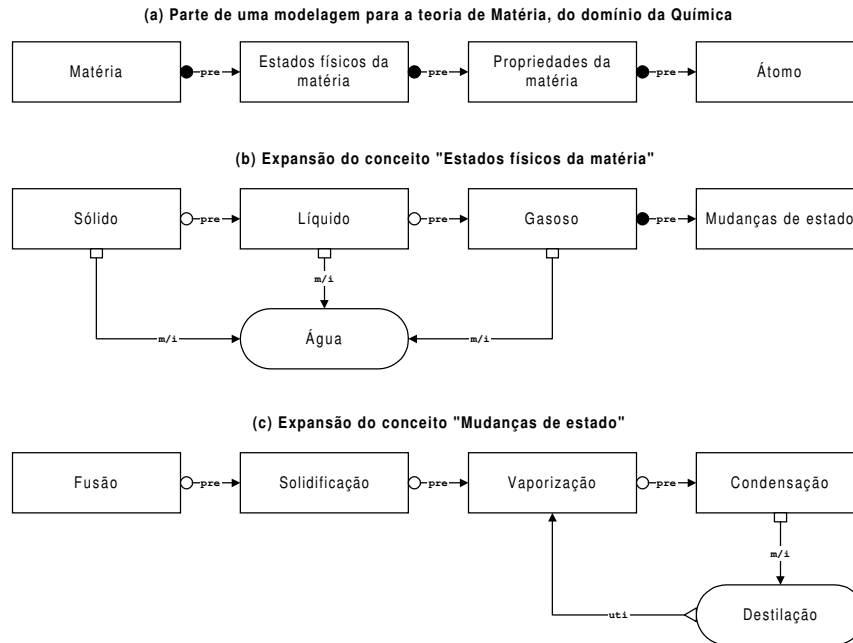


Figura 18: Exemplo de expansão hierárquica

A Figura 18(a) apresenta parte de uma modelagem para a teoria de “Matéria”, do domínio da Química. Esse diagrama pode ser visto como o “topo” da hierarquia ou o diagrama de nível zero, semelhante ao conceito de expansão em níveis utilizado em diagramas de fluxo de dados (DFD) (Gane & Sarson, 1983). A expansão do conceito “Estados físicos da matéria” pode ser visualizado na Figura 18(b) e a expansão do conceito “Mudanças de estado”, na Figura 18(c).

2.2.4 Considerações sobre o Modelo Conceitual Hierárquico

O papel que cada item possui na categoria a que pertence é um ponto importante a considerar. Michener (1978) estabelece várias classes epistemológicas para cada categoria. A Figura 19 apresenta as classes como especializações das categorias (classes) de conhecimento segundo a *Unified Modeling Language* (UML) (Rational, 1995).

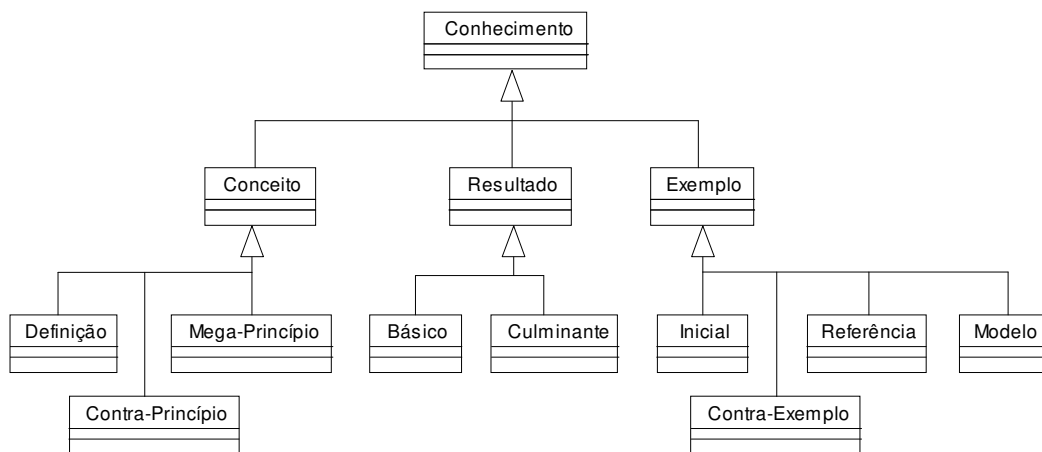


Figura 19: Classes epistemológicas para as categorias de conhecimento

Essa especialização da categoria e a conseqüente associação com funções diferentes no modelo permitem registrar características importantes do domínio de conhecimento que podem ser utilizadas como suporte para processos e análises automatizadas. Além disso, a criação de classes adequadas e de relacionamentos com outras semânticas pode permitir a generalização para outros domínios de conhecimento.

2.3 Projeto Navegacional de Contextos

As aplicações hipermídia são projetadas para efetuar navegação através de um espaço de informações. Portanto, o projeto da estrutura de navegação dessas aplicações é a etapa crucial no empreendimento de desenvolvimento (Rossi, 1996). No EHDM, os aspectos navegacionais de um hiperdocumento são modelados durante a fase de projeto navegacional de contextos. O resultado dessa fase é um modelo navegacional de contextos que representa um hiperdocumento.

Na fase de projeto navegacional de contextos, diferentes modelos navegacionais de contextos podem ser construídos, baseados no mesmo modelo conceitual hierárquico criado na fase anterior (modelagem conceitual hierárquica), e de acordo com propósitos educacionais diferentes. A motivação é permitir que usuários (aprendizes) diferentes vejam o mesmo conteúdo através de perspectivas diferentes.

Por exemplo, considerando um hiperdocumento educacional sobre “Movimento” (da teoria de Mecânica, da Física), com os seguintes tipos de usuários: alunos de ensino médio, universitário e de pós-graduação. Esses usuários necessitam de abordagens de ensino diferenciadas e, possivelmente, de diferentes estruturas de navegação e diferentes mídias para apresentar o conteúdo. Para alunos de ensino médio pode ser necessária uma abordagem mais intuitiva da teoria, com exemplos na forma de vídeos e/ou animações. Para alunos universitários ou de pós-graduação, pode-se abordar a teoria de uma maneira mais formal, com discussões e exemplos mais abstratos.

Um desenvolvimento tradicional trataria cada uma dessas aplicações separadamente, duplicando os esforços de desenvolvimento e manutenção. A construção de um modelo mais geral, que suporte todos os tipos de usuários, seria outra abordagem de desenvolvimento. Entretanto, o modelo obtido seria bastante complexo devido à necessidade de incorporar diversos mecanismos para abstrair todas as abordagens navegacionais possíveis.

No EHDM, vários modelos navegacionais de contextos podem ser derivados de um mesmo modelo conceitual hierárquico, enfatizando determinadas partes do domínio de conhecimento, e de acordo com o perfil do usuário a que se destina o hiperdocumento. Essa abordagem é semelhante à proposta pelo OOHDM (Schwabe & Rossi, 1995; Schwabe et al., 1996), que utiliza visões navegacionais do modelo conceitual, cada uma delas constituindo um tipo distinto de hiperdocumento. No OOHDM é utilizada uma linguagem de definição de visões orientada a objetos, enquanto que no EHDM somente é especificado um mapeamento de elementos conceituais em navegacionais.

Um modelo navegacional de contextos define um conjunto de contextos e entidades navegacionais. Os contextos navegacionais determinam a estrutura (organização hierárquica) do hiperdocumento, enquanto as entidades navegacionais, nó e elo, especificam os elementos que serão apresentados ao usuário. A definição de estruturas de acesso (índices e roteiros) completa o modelo navegacional de contextos. A Figura 20 mostra as primitivas gráficas de modelagem navegacional.

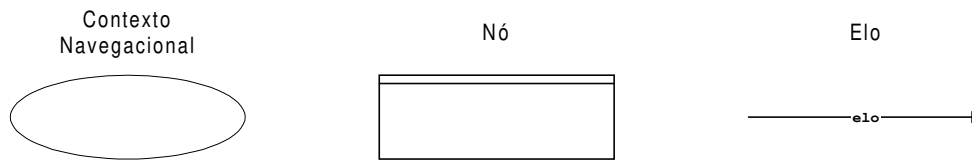


Figura 20: Primitivas gráficas de modelagem navegacional

2.3.1 Nós e Elos

Em hiperdocumentos, os nós contêm as informações que serão apresentadas ao usuário. No modelo navegacional de contextos, os nós são descritos por um grupo de atributos e um conjunto de âncoras. Os atributos representam as informações derivadas dos elementos conceituais (conceito, exemplo ou resultado) para o nó e as âncoras correspondem aos elos que partem do nó.

Os nós podem ou não ser derivados diretamente dos elementos conceituais. Em alguns casos, o modelo navegacional de contextos pode possuir nós com atributos derivados de mais de um elemento conceitual e, em outros, vários nós com atributos derivados de um mesmo elemento conceitual. De qualquer forma, sempre é possível obter um mapeamento do tipo um-para-um, no qual cada elemento conceitual é mapeado em um nó com um único atributo. Para facilitar a compreensão, o mapeamento é indicado através de uma referência (no atributo) ao elemento conceitual que originou a informação representada pelo atributo.

Cada atributo deve ser associado a um tipo que indica a forma de apresentação da informação correspondente ao atributo. Por exemplo, um atributo do tipo “Vídeo” indica que a informação do atributo será apresentada através de um vídeo. Os tipos que um atributo pode assumir dependem do sistema hipermídia em que o hiperdocumento será construído, mas de um modo geral, pode-se considerar os tipos: texto, imagem, áudio e vídeo (incluindo animação).

Um atributo é representado da seguinte forma: <nome_atributo> (<elemento_conceitual>): <tipo_atributo>, indicando que o atributo “nome_atributo”, derivado do elemento conceitual “elemento_conceitual”, é do tipo “tipo_atributo”. Os atributos podem ser especificados no diagrama navegacional de contextos dentro de um colchete (*bracket*) situado abaixo do nó, ou documentados a parte, em um dicionário de dados.

Os atributos de um nó são divididos em duas classes: núcleo e satélite. Os atributos da classe núcleo representam as informações que são apresentadas quando o nó é visitado. O sinal “*” indica os atributos da classe núcleo. Os atributos da classe satélite correspondem às informações que podem ser obtidas a partir das informações relativas aos atributos da classe núcleo.

A classificação dos atributos permite especificar as informações essenciais para apresentar um conteúdo e também as informações complementares que podem ser apresentadas ou não, dependendo da necessidade do usuário (aprendiz). Essa característica é interessante em aplicações no ensino, pois possibilita que a flexibilidade das informações contidas no hiperdocumento seja projetada para fornecer material adicional conforme a necessidade do aprendiz.

A Figura 21 mostra dois exemplos de mapeamento de um modelo conceitual hierárquico para um modelo navegacional de contextos. A Figura 21(b) apresenta o resultado de um mapeamento um-para-um do modelo conceitual hierárquico da Figura 21(a). Pode-se notar que cada elemento conceitual foi mapeado para um nó com um atributo relativo ao elemento conceitual. A Figura 21(c) apresenta um mapeamento alternativo, no qual o elemento conceitual “Destilação” foi mapeado para o atributo “Exemplo” no nó “Condensação”. Neste caso, “Definição” é um atributo núcleo e “Exemplo” é um atributo satélite.

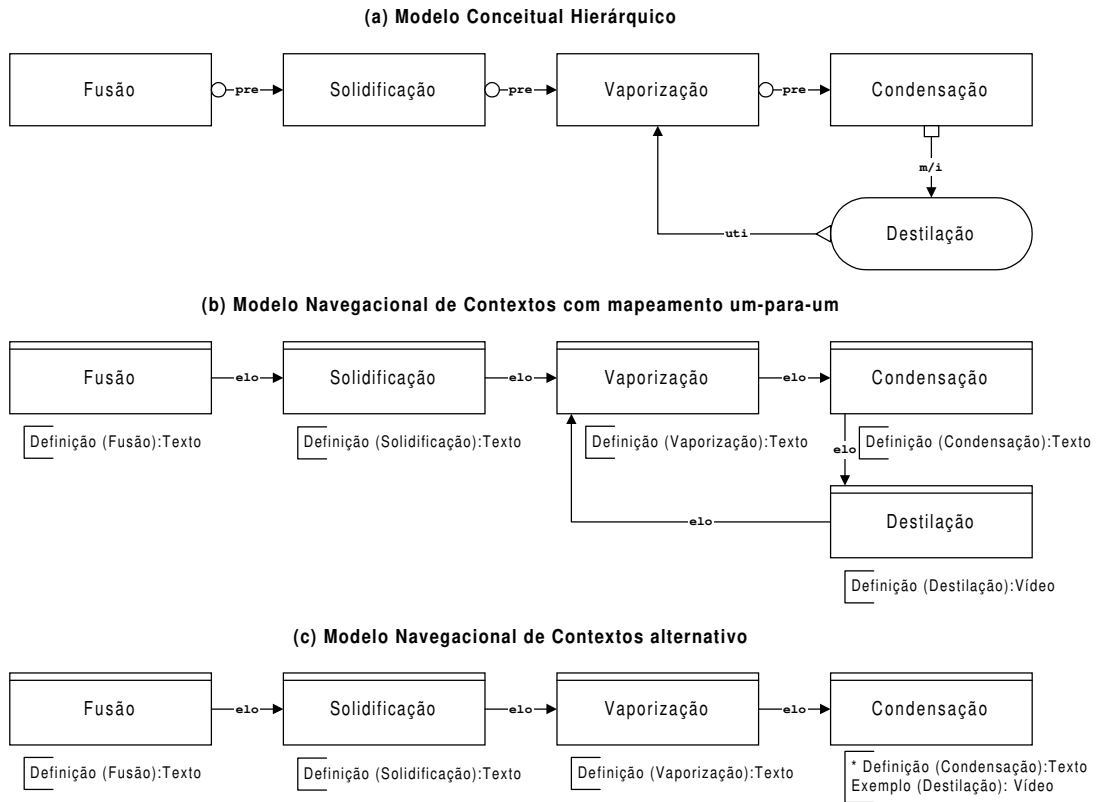


Figura 21: Exemplo de mapeamento

Os elos fazem a ligação entre os nós e somente podem ser unidirecionais. O suporte a elos bidirecionais é obtido através da definição de dois elos unidirecionais. O resultado da navegação por um elo depende da especificação do tipo dos atributos do nó destino. Os elos são definidos a partir dos relacionamentos do modelo conceitual hierárquico e são representados como setas no modelo navegacional de contextos. Para cada elo definido no diagrama navegacional deve existir uma âncora no seu nó origem. Uma âncora pode ser representada no diagrama navegacional da seguinte forma: $\langle nome_âncora \rangle (\langle elemento_destino \rangle)$, indicando que ao selecionar a âncora “*nome_âncora*”, o elemento “*elemento_destino*” é apresentado.

A Figura 22 apresenta o diagrama da Figura 21(b) com a representação dos atributos e das âncoras correspondentes aos elos. O nó “Fusão” possui o atributo “Definição” (derivado do conceito “Fusão”) do tipo “Texto”, e a âncora “próximo” referente ao elo que parte deste nó com destino ao nó “Solidificação”.

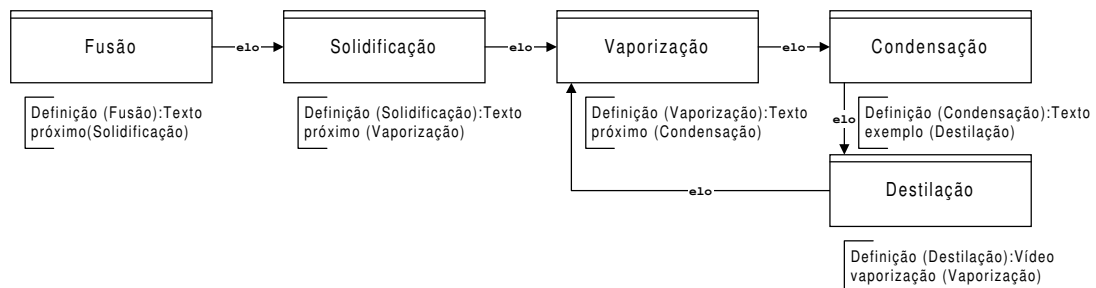


Figura 22: Exemplo de representação de âncoras

Os relacionamentos podem ser filtrados durante o mapeamento, isto é, nem todos os relacionamentos são necessariamente mapeados para elos. Além disso, novos elos podem ser adicionados ao modelo navegacional de contextos sem que seja mapeado a partir de um relacionamento. A Figura 23 apresenta o resultado de um mapeamento do modelo conceitual hierárquico da Figura 21(a), onde os relacionamentos de “preferência preferencial” não foram mapeados para elos.

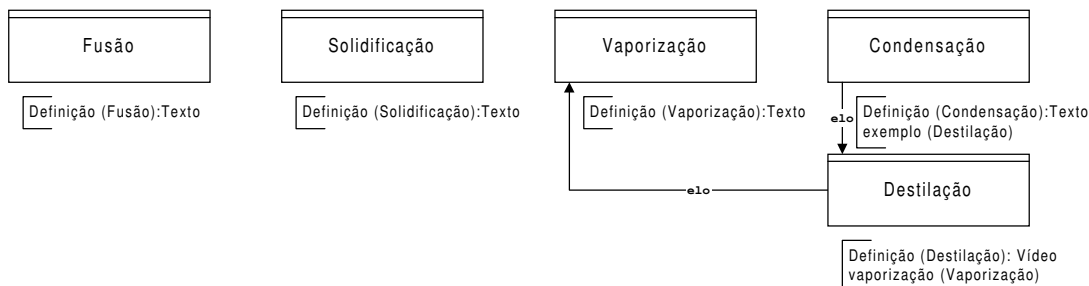


Figura 23: Exemplo de mapeamento com filtro de relacionamentos

2.3.2 Contextos Navegacionais

Um contexto navegacional é um conjunto de entidades navegacionais (nó e elo) e outros contextos navegacionais (aninhados). Os espaços de navegação representados pelos contextos navegacionais podem ser explorados utilizando as estruturas de acesso (índices ou roteiros), que estabelecem uma forma de navegação através desses espaços.

As entidades navegacionais (nó e elo) são organizadas em contextos navegacionais. Um contexto navegacional também pode conter outros contextos (aninhados), resultando em uma organização hierárquica de contextos. Nesse sentido, o contexto navegacional é um mecanismo para definir a estrutura de um hiperdocumento. O conceito de contexto navegacional utilizado pelo EHDm é baseado no Modelo de Contextos Aninhados (MCA) (Casanova et al., 1991; Soares et al., 1994, 1995).

Os contextos navegacionais podem ser derivados diretamente do modelo conceitual hierárquico. A expansão de um elemento conceitual cria naturalmente um espaço de informação que pode ser interpretado como um contexto navegacional. Isso não é uma regra rígida, pois a organização dos contextos pode ser alterada e/ou novos contextos podem ser criados. A Figura 24 apresenta um exemplo de contextos navegacionais derivados do modelo conceitual hierárquico apresentado na Figura 18. O contexto navegacional “Estados físicos da matéria” foi derivado do elemento conceitual “Estados físicos da matéria” da Figura 18(a) devido à sua expansão na Figura 18(b); o mesmo ocorre para o contexto navegacional “Mudanças de estado”.

Os elos também podem estabelecer ligações entre um nó e um contexto navegacional. Nesse caso, o contexto navegacional somente poderá ser o destino do elo. Navegar para um contexto navegacional significa que qualquer nó pertencente a esse contexto poderá ser explorado, ou seja, o usuário pode explorar o espaço navegacional representado pelo contexto. Isso pode provocar problemas de perda de continuidade de exposição se o contexto anterior não for preservado (Thüring et al., 1995). A decisão de utilizar esse recurso deve ser cuidadosamente avaliada.

A estruturação do hiperdocumento através dos contextos navegacionais permite a modificação da organização e da apresentação de uma aplicação sem que seja necessária a alteração das informações contidas nos nós. Portanto, um hiperdocumento existente pode ser reestruturado

para atender uma necessidade específica, produzindo-se uma nova “versão” do hiperdocumento, isto é, um outro hiperdocumento.

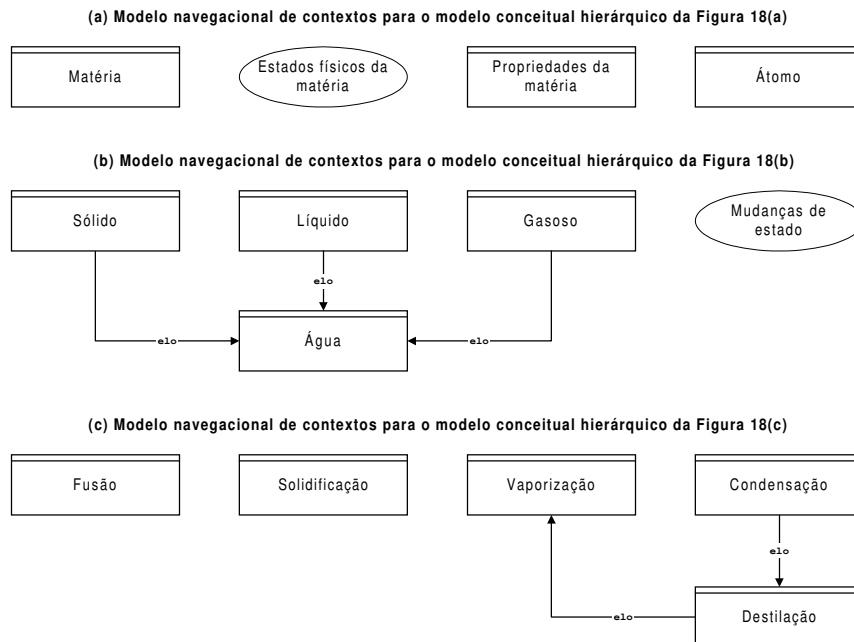


Figura 24: Exemplo de contextos navegacionais

2.3.3 Estruturas de Acesso

As estruturas de acesso são utilizadas para proporcionar uma navegação adicional à realizada através dos elos. O modelo navegacional de contextos fornece dois tipos de estrutura de acesso: índice e roteiro.

Um índice é um conjunto de nós e contextos navegacionais que permite a navegação direta a um elemento do hiperdocumento especificado neste conjunto. Um índice pode ser definido através da especificação das entradas relativas aos nós e contextos que podem ser atingidos a partir do índice. Cada entrada do índice pode ser representada da seguinte forma: <nome_entrada>: <elemento_destino>, indicando que ao selecionar a entrada “nome_entrada”, o elemento “elemento_destino” é apresentado. A Figura 25(a) apresenta a especificação de índices para os nós do modelo da Figura 24(c).

Um roteiro é um conjunto de nós e contextos navegacionais que estabelece um caminho de navegação pelo hiperdocumento. Um roteiro pode ser definido através da especificação da seqüência dos nós e contextos selecionados para compor o roteiro. A Figura 25(b) apresenta a especificação de um roteiro para os nós do modelo da Figura 24(c).

(a) Índice	(b) Roteiro
fusão: Fusão	Fusão
solidificação: Solidificação	Solidificação
vaporização: Vaporização	Vaporização
condensação: Condensação	Condensação
exemplo: Destilação	Destilação

Figura 25: Exemplo de definição de índice e roteiro

A semântica dos roteiros é diferente da semântica dos índices. O comportamento de um índice, quando uma das suas entradas é escolhida, é o mesmo dos nós quando uma âncora é selecionada. Um roteiro proporciona um caminho seqüencial pelo hiperdocumento incluindo operações como “Próximo” e “Anterior”, que permite a navegação para frente e para trás no roteiro. A Figura 26 ilustra essa diferença utilizando elos para indicar as características navegacionais de cada estrutura de acesso. O modelo navegacional de contextos não possui primitivas gráficas para as estruturas de acesso; os índices e roteiros são documentados a parte, no dicionário de dados do hiperdocumento.

O EHDM sugere a construção de roteiros diferentes para atender objetivos de ensino diferentes, por exemplo: (a) introduzir uma teoria, (b) aprofundar-se em uma teoria, (c) revisar uma teoria, (d) preparar-se para uma avaliação. A combinação da definição de múltiplos roteiros com a possibilidade de derivar mais de um modelo navegacional a partir do mesmo modelo conceitual é um recurso poderoso para proporcionar a flexibilidade necessária em hiperdocumentos destinados ao ensino.

Os roteiros também podem ser derivados do modelo conceitual hierárquico. Nesse caso, os componentes do roteiro são determinados pelos nós e contextos correspondentes e na ordem dos elementos conceituais resultantes de uma ordenação topológica do diagrama. Essa ordenação pode ser baseada na relação de precedência (necessária ou preferencial) dos conceitos. Os exemplos e resultados relacionados a esses conceitos podem estar ordenados em seqüência anterior ou posterior ao conceito correspondente, dependendo da estratégia de apresentação escolhida pelo autor.

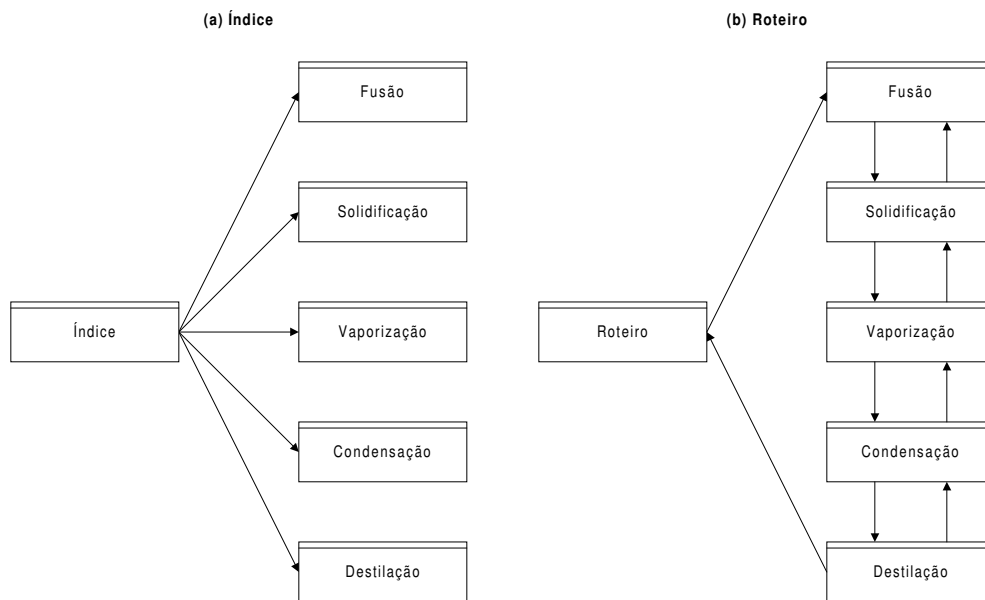


Figura 26: Diferença entre índice e roteiro

2.4 Construção e Teste

Durante a fase de Construção e Teste, o modelo navegacional de contextos é convertido em objetos disponíveis no ambiente de implementação escolhido. O resultado, a aplicação hipermídia final, pode ser obtido através de três possíveis tipos de implementação (Carvalho, 1998): interpretada, traduzida e de tradução livre.

A implementação interpretada requer um sistema capaz de interpretar e executar as especificações da aplicação desenvolvida. A implementação traduzida consiste em traduzir as especificações em artefatos de algum sistema de autoria de aplicações hipermídia como *HyperCard*, *ToolBook*, HTML (*HyperText Language Markup*) e apresentar a aplicação final utilizando um *viewer* ou um *browser*. A implementação com tradução livre não utiliza sistemas intermediários para interpretação, autoria ou apresentação.

2.5 Comparação

Atualmente, existem vários métodos para projeto de aplicações hipermídia: HDM (*Hypertext Design Model*) (Garzotto et al., 1993), RMM (*Relationship Management Methodology*) (Isakowitz et al, 1995), OOHDM (*Object-Oriented Hypermedia Design Method*) (Schwabe & Rossi, 1995; Schwabe et al., 1996), EORM (*Enhanced Object-Relationship Model*) (Lange, 1994) e HMBS/M (*Hypertext Model Based on Statecharts / Method*) (Carvalho, 1998). Esses métodos possuem alguns pontos em comum:

- A definição de modelos para a descrição dos dados do domínio;
- A consideração da associação semântica que existe entre os relacionamentos do domínio e os elos hipermídia;
- A utilização de estruturas de acesso para modelar os aspectos navegacionais.

Essas características comuns dos métodos atuais foram consideradas durante a definição do EHDM. Entretanto, os métodos também possuem diversas diferenças. A Tabela 1 apresenta uma análise comparativa do EHDM com os demais métodos. Os critérios utilizados são os seguintes:

- a) Metodologia: o método oferece uma série ordenada de etapas dentro de um processo de desenvolvimento?
- b) Modelagem do domínio: qual o modelo base utilizado para analisar e descrever os dados do domínio?
- c) Modelagem de navegação: quais os mecanismos utilizados para representar os aspectos navegacionais?
- d) Modelagem de interface: o método utiliza um modelo para especificar a interface do usuário?
- e) Geração de protótipos: o método fornece regras de tradução automática da especificação do modelo para uma especificação executável por algum sistema?

Quanto à metodologia (a), o EHDM oferece uma abordagem sistemática e abrangente, semelhante aos métodos RMM, OOHDM e HMBS/M; o HDM se concentra apenas na modelagem dos dados do domínio; o EORM estende uma metodologia orientada a objetos com uma fase de associação da semântica de ligações hipermídia aos relacionamentos.

O HDM possui abstrações mais simples para a modelagem do domínio (b), pois é considerado como o primeiro modelo para o domínio de hipermídia e foi utilizado como base para o RMM e o OOHDM; o RMM é baseado no modelo de dados entidade-relacionamento; o OOHDM, o EORM e o HMBS/M utilizam abstrações orientadas a objetos. O EHDM oferece um modelo orientado para o domínio de ensino, baseado no Modelo de Michener e em Mapas Conceituais.

Para a modelagem de navegação (c), o HDM e o RMM utilizam estruturas de acesso (índices e roteiros), mas o RMM fornece primitivas mais ricas em um modelo de dados (RMDM); o EORM utiliza composições para a modelagem da navegação; o OOHDM, além das estruturas de acesso comuns, também utiliza primitivas de alto nível chamadas de contextos navegacionais. O HMBS/M utiliza estruturas de acesso (baseadas nas do RMM) e contextos de navegação

(conceito introduzido pelo OOHDM). O EHDM assemelha-se ao OOHDM, utilizando estruturas de acesso e o conceito de contextos navegacionais para estruturar o hiperdocumento.

Quanto à modelagem de interface (d), o OOHDM é o único que fornece um método formal para descrever a interface; o HMBS/M permite definir somente as características genéricas da interface; o RMM e o EORM apenas reservam uma fase específica para esta tarefa. O EHDM não utiliza um modelo para especificar a interface do usuário.

O HDM, RMM, OOHDM e EORM não descrevem algum tipo de orientação efetiva a respeito de geração de protótipos (e), apesar de a maioria destes métodos considerar o desenvolvimento de ferramentas para este propósito, por exemplo, o OOHDM-CASE (Rossi, 1996), para o OOHDM, e o RMCASE (Díaz & Isakowitz, 1995), para o RMM. O HMBS/M fornece uma tradução do modelo navegacional de tipos para uma especificação segundo o modelo HMBS (*Hyperdocument Model Based on Statecharts*) (Turine, 1998). O ambiente HySCharts (*Hyperdocument System based on StateCharts*) (Turine et al., 1998) permite criar, interpretar e executar especificações segundo o HMBS. O EHDM fornece uma tradução do modelo navegacional de contextos para uma especificação segundo o Modelo de Contextos Aninhados (MCA) (Casanova et al., 1991; Soares et al., 1994, 1995). Essa tradução é realizada através de uma ferramenta para modelagem e desenvolvimento de hiperdocumentos destinados ao SASHE (Sistema de Autoria e Suporte Hiperfídia para Ensino) (Nunes et al., 1997; Santos, 1997; Santos et al., 1997), apresentada na Seção 3 deste artigo. O SASHE é um sistema para autoria e navegação de hiperbases MCA, ou seja, de especificações de hiperdocumentos segundo o modelo MCA.

Tabela 1: Comparação do EHDM com os demais métodos

	Metodologia	Modelagem do domínio	Modelagem de navegação	Modelagem de interface	Geração de protótipos
HDM	Ênfase na modelagem do domínio	Modelo entidade-relacionamento	Navegação <i>default</i> e estruturas de acesso comuns	Não	Não
RMM	Sim	Modelo entidade-relacionamento	Estruturas de acesso mais ricas	Não	Não
OOHDM	Sim	Modelo orientado a objetos	Estruturas de acesso e contextos navegacionais	Modelo ADV (<i>Abstract Data Views</i>)	Não
EORM	Metodologia orientada a objetos estendida	Modelo orientado a objetos	Composições	Não	Não
HMBS/M	Sim	Modelo orientado a objetos	Estruturas de acesso e contextos navegacionais	Canais	HMBS
EHDM	Sim	Modelo baseado em Michener e em Mapas Conceituais	Estruturas de acesso e contextos navegacionais	Não	MCA

2.6 Trabalhos Relacionados

Dois abordagens existentes para projeto de aplicações hiperfídia para ensino são apresentadas a seguir: a metodologia MAPHE (Metodologia de Apoio a Projetos de Hipertextos Educacionais) (Pimentel, 1997) e o modelo e metodologia Daphne (Definição de Aplicações Hiperfídia na Educação) (Kawasaki & Fernandes, 1996). Essas metodologias utilizam a teoria

de Mapas Conceituais como base para a modelagem do domínio de conhecimento. Alguns comentários também são apresentados.

2.6.1 MAPHE – Metodologia de Apoio a Projetos de Hipertextos Educacionais

A metodologia MAPHE (Pimentel, 1997) propõe o desenvolvimento de hipertextos educacionais através de quatro etapas: Planejamento, Modelagem, Implementação e Teste. A etapa de planejamento visa estipular as estratégias a serem empregadas para o desenvolvimento do hipertexto. A etapa de modelagem visa investigar a natureza do hipertexto a ser construído. Os modelos definidos nesta etapa permitem implementar o hipertexto em uma plataforma específica, que é o objetivo da etapa de implementação. A etapa de testes objetiva identificar os erros ocorridos na etapa de implementação e verificar a validade educacional do hipertexto.

A etapa de modelagem, que é o foco desta metodologia, procura estruturar um hipertexto antes de sua implementação e consiste no desenvolvimento de quatro modelos: Modelo Orientado a Conceitos, Modelo de Páginas, Ferramentas Navegacionais e Modelo de Padrões.

O Modelo Orientado a Conceitos (MOC) (Pimentel, 1998) tem como finalidade elaborar uma estrutura coerente do conteúdo programático contido no hipertexto. O MOC pode ser entendido como uma extensão de Mapas Conceituais na qual incorpora notações mais rígidas a fim de eliminar ambigüidades; ou pode ser entendido como sendo uma modificação do Modelo Orientado a Objetos (Rumbaugh et al., 1991) cujo objetivo se volta para a estruturação e sistematização de conceitos.

No Modelo de Páginas, o conteúdo é mapeado para as páginas do hiperdocumento, utilizando o Modelo Orientado a Conceitos como guia para o desenvolvimento deste modelo. A navegação de uma página para outra também é definida no Modelo de Páginas. O Modelo de Padrões visa definir a interface-gráfica com o usuário cuidando de aspectos envolvidos na apresentação das páginas. As Ferramentas Navegacionais acrescentam outras formas de navegação, como índice, visita-guiada, mapas etc.

2.6.2 Daphne – Definição de Aplicações Hipermedia na Educação

Daphne (Kawasaki & Fernandes, 1996) é um modelo criado para desenvolver cursos hipermedia baseado no HDM (*Hypertext Design Model*), Mapas Conceituais e na técnica de Mapeamento de Informações. Esse modelo é composto por três camadas: estrutura de acesso programado (EAP), hiperbase e estrutura de acesso direto (EAD).

A técnica de Mapeamento de Informações (Horn apud Santibañez & Fernandes, 1998) consiste em dividir a informação em pedaços mais detalhados (blocos) para obter uma compreensão mais global do assunto (mapas). Os blocos de informação representam a menor porção de informação que pode ser recuperada individualmente. Quando esses blocos são organizados em estruturas maiores, são denominados mapas de informação.

Na camada EAP encontram-se os mecanismos que permitem selecionar e ordenar as informações para o aprendiz, de acordo com os objetivos do curso. A camada hiperbase contém as informações do curso, organizadas de acordo com a combinação de mapas conceituais, HDM e mapeamento de informações. A EAD permite localizar diretamente um determinado bloco de informação.

A metodologia de desenvolvimento de um curso hipermedia segundo o modelo Daphne tem as seguintes etapas (Santibañez & Fernandes, 1998):

1. Descrição do curso
2. Elaboração do mapa conceitual geral do curso
3. Instanciação das entidades da hiperbase
4. Elaboração do esquema HDM
5. Elaboração da tabela tipos de mapas de informação *versus* tipos de blocos
6. Elaboração da tabela de perspectivas *versus* tipos de blocos
7. Elaboração dos *storyboards*
8. Detalhamento das Entidades Hiperbase
 - a) Elaboração dos mapas conceituais detalhados de cada entidade
 - b) Linearização dos tópicos
 - c) Determinação dos mapas de informação de cada tópico
 - d) Especificação do conteúdo dos mapas de informação
 - e) Elaboração do conteúdo dos blocos da entidade Bibliografia
9. Projeto das EADs
10. Projeto das EAPs
 - a) Projeto dos Roteiros
 - b) Projeto das Avaliações

2.6.3 Comentários

O modelo conceitual do MAPHE estende os Mapas Conceituais com relacionamentos do modelo orientado a objetos, com a finalidade de eliminar ambigüidades. Geralmente, os autores não dominam essas abstrações, o que pode trazer dificuldades para descrever o domínio de conhecimento. O EHDM oferece um modelo com primitivas de relacionamentos orientadas ao ensino, que permite representar o domínio de conhecimento e também algumas opções didáticas (estratégias).

A metodologia Daphne combina Mapas Conceituais, HDM e Mapeamento de Informação para organizar as informações de um curso, exigindo que o autor domine essas técnicas e as relações entre elas.

O MAPHE propõe um mapeamento do Modelo Orientado a Conceitos para o Modelo de Páginas. Uma página no MAPHE corresponde a um nó hipermédia. O EHDM define o conteúdo de um nó através de um conjunto de atributos, também mapeados de elementos conceituais, que permitem representar as informações essenciais (atributos do tipo núcleo) e complementares (atributos do tipo satélite). Portanto, um nó no EHDM pode corresponder a várias páginas. Isso permite uma maior flexibilidade no projeto de aplicações cuja principal estratégia pedagógica é a exploração de material. Os Mapas de Informação utilizados pela metodologia Daphne possuem função semelhante, pois permitem estabelecer mais de um mapa de informação (cada um com vários blocos) para uma entidade instanciada (tópico) a partir do mapa conceitual.

3 EHDT – *Educational Hyperdocuments Development Tool*

Durante a autoria de hiperdocumentos no SASHE (Sistema de Autoria e Suporte Hipermédia para Ensino) (Nunes et al., 1997; Santos, 1997; Santos et al., 1997), o autor encontra várias dificuldades devido à utilização direta dos conceitos do Modelo de Contextos Aninhados (MCA) (Casanova et al., 1991; Soares et al., 1994, 1995), o modelo de dados utilizado na implementação

deste sistema. Essas dificuldades motivaram a idéia de incluir uma ferramenta de modelagem no processo de autoria de hiperdocumentos do SASHE.

Esta seção apresenta o protótipo da Ferramenta para Desenvolvimento de Hiperdocumentos para Ensino, ou EHDT (*Educational Hyperdocuments Development Tool*), desenvolvido como uma ferramenta de suporte automatizado integrada ao SASHE, e que proporciona um ambiente de modelagem para auxiliar a autoria de hiperdocumentos para ensino neste sistema. O EHDM fornece a base metodológica para o EHDT.

A Subseção 3.1 apresenta os requisitos definidos como base para a implementação do protótipo do EHDT. A Subseção 3.2 apresenta a arquitetura de módulos do EHDT. As Subseções 3.3, 3.4 e 3.5 descrevem os módulos e discutem a forma como procuram atingir, totalmente ou parcialmente, os requisitos definidos. Um exemplo da utilização do EHDT no desenvolvimento de um hiperdocumento para o SASHE é apresentado na Subseção 3.6.

3.1 Requisitos

O EHDT tem como principal objetivo auxiliar o desenvolvimento de hiperdocumentos para ensino no SASHE através do suporte automatizado para as etapas propostas pelo EHDM. Os requisitos identificados a partir das principais dificuldades encontradas durante o processo de autoria do SASHE são os seguintes:

- Auxiliar a organização da hierarquia de contextos;
- Auxiliar a classificação das informações (função didática);
- Fornecer abstrações que evitem a tomada de decisões de baixo nível;
- Auxiliar a definição de roteiros.

Os requisitos para ambientes de desenvolvimento de aplicações hipermídia, identificados por Nanard e Nanard (1995), também podem ser considerados dentro do contexto do desenvolvimento do EHDT. Esses requisitos são os seguintes:

- Suportar laços de realimentação (“*feedback loops*”) rápidos entre as fases de projeto e prototipação, para facilitar a avaliação e alteração;
- Fornecer recursos para generalizar e instanciar modelos, para facilitar a utilização de abordagens *bottom-up* e *top-down*;
- Proporcionar replicação (*cloning*) ao nível de instância, para a geração de material.

Os requisitos definidos nesta seção foram considerados como diretrizes para a implementação do protótipo do EHDT.

3.2 Arquitetura do EHDT

A arquitetura do EHDT é apresentada na Figura 27. Os módulos de Edição Gráfica de Diagramas, Geração de Modelos e Geração de Protótipos utilizam o Banco de Dados para armazenar e recuperar as especificações dos modelos de acordo com as operações solicitadas pelo autor através do módulo de Interface com o Usuário.

O protótipo do EHDT foi desenvolvido utilizando-se a linguagem de programação *Borland Delphi*. Essa linguagem também foi utilizada no desenvolvimento do SASHE. As próximas subseções apresentam as características dos módulos do protótipo. O módulo Interface com o Usuário é apresentado no contexto dos demais módulos.

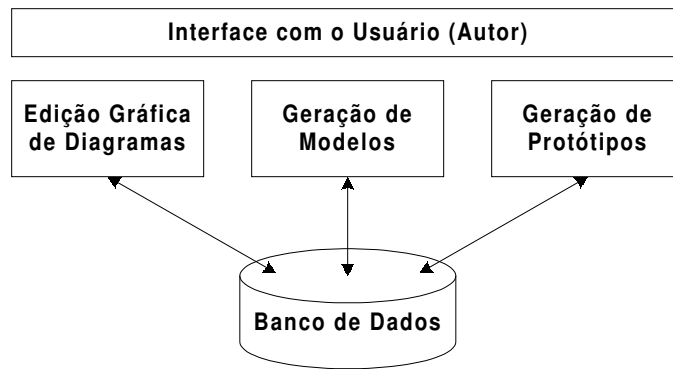


Figura 27: Arquitetura do EHDT

3.3 Edição Gráfica de Diagramas

O módulo de Edição Gráfica de Diagramas permite a edição dos diagramas conceitual e navegacional³, que representam respectivamente, um modelo conceitual hierárquico e um modelo navegacional de contextos do EHDm. Durante a edição, a consistência e validade dos modelos são verificadas, proporcionando ao autor um certo grau de esclarecimento sobre a representação e ajudando-o a eliminar erros.

Os dois diagramas são interconectados através do mapeamento dos elementos conceituais (conceitos, exemplos e resultados) em elementos navegacionais (informações de nó), permitindo manter o foco ao alternar de um diagrama para outro. Por exemplo, ao solicitar a edição do diagrama navegacional, o EHDT sempre procura apresentar a parte do diagrama navegacional correspondente à parte do diagrama conceitual que estiver sendo editada no momento. Esse “mecanismo de chaveamento” facilita laços de realimentação rápidos entre a fase de modelagem conceitual hierárquica e a fase de projeto navegacional de contextos. Díaz e Isakowitz (1995) apresentam uma abordagem semelhante no projeto do RMCASE, um ambiente para apoiar o desenvolvimento de aplicações hipermídia. A Figura 28 mostra a interface do EHDT apresentando parte do diagrama conceitual do exemplo de modelagem para a teoria “Movimentos Retilíneos” apresentado na Figura 16.

O módulo de Interface com o Usuário é o responsável pela apresentação dos diagramas ao autor. Esse módulo procura minimizar o espaço ocupado pelo grafo que representa um diagrama. Para redefinir as posições dos nós (do grafo) quando é necessário mais espaço, o algoritmo determina as novas posições utilizando o conceito de escopo de nós, sem recálculo (Vilela, 1994; Kommers et al., 1998). O editor gráfico do Tootema (Hasegawa & Nunes, 1995), uma ferramenta para desenvolver sistemas tutores inteligentes para Matemática, também utiliza esse algoritmo, mas com a funcionalidade adicional de minimizar os cruzamentos das arestas do grafo.

O menu “Editar” possui as opções para editar os diagramas: inserir, alterar e excluir. Um clique duplo em um elemento conceitual (conceito ou resultado) permite a expansão deste elemento, ou seja, permite especificar o diagrama conceitual relativo ao elemento expandido. Um elemento expandido aparece no diagrama com o seu nome sublinhado.

A Figura 29 mostra a interface utilizada para inserir um elemento (conceito, exemplo, resultado ou relacionamento) no diagrama conceitual. Caso a opção escolhida seja a de inserir um relacionamento, a interface solicita a origem, o destino e o tipo do relacionamento.

³ Nomenclatura utilizada pela interface do EHDT para os modelos do EHDm.

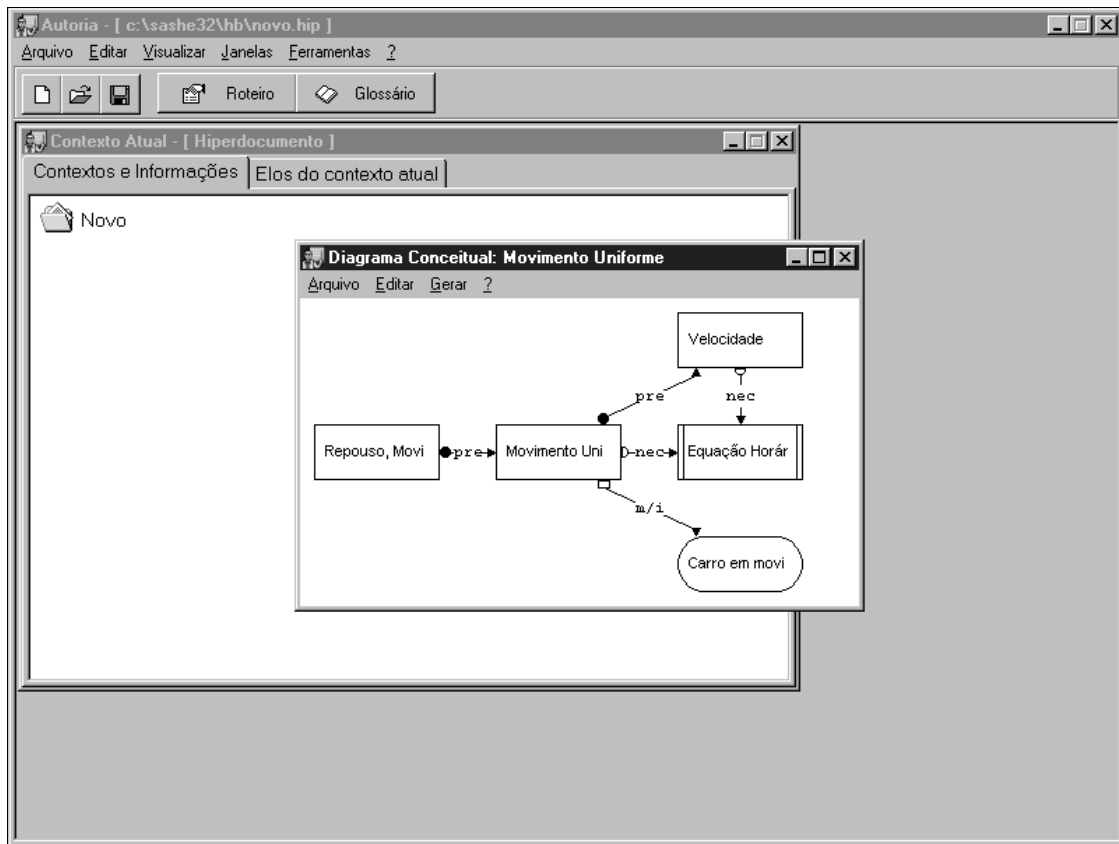


Figura 28: Exemplo de Diagrama Conceitual

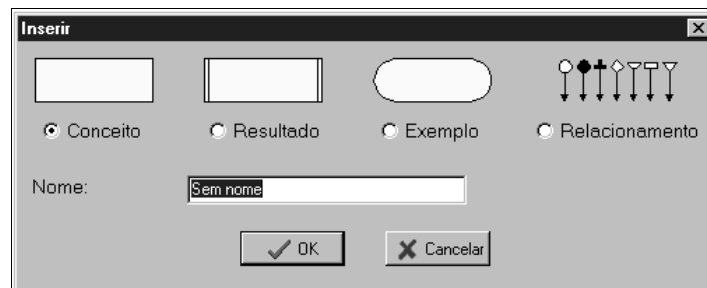


Figura 29: Interface para inserir um elemento conceitual

A edição do diagrama navegacional é semelhante à do diagrama conceitual. O “chaveamento” entre os diagramas é solicitado através das opções “Diagrama Conceitual” e “Diagrama Navegacional” do menu “Editar”. A Figura 30 mostra a interface do EHDT apresentando um exemplo de diagrama navegacional.

A Figura 31 mostra a interface utilizada para inserir um elemento (contexto, nó ou elo) no diagrama conceitual. Caso a opção for contexto ou nó, pode-se especificar o mapeamento através da caixa de seleção “Derivado de”. Caso a opção escolhida seja a de inserir um elo, a interface solicita a origem (nó) e o destino (nó ou contexto) do elo. A âncora relativa ao elo é inserida automaticamente no nó origem, facilitando a operação.

Essa característica de não exigir o tratamento das âncoras nesse nível de projeto facilita a operação de projetar elos porque elimina a preocupação de inserir âncoras nos arquivos de conteúdo associados às informações do nó. Essas âncoras inseridas automaticamente são tratadas

pelo módulo de Geração de Protótipos. No SASHE, é necessário criar uma âncora no arquivo de conteúdo de um nó antes de inserir um elo.

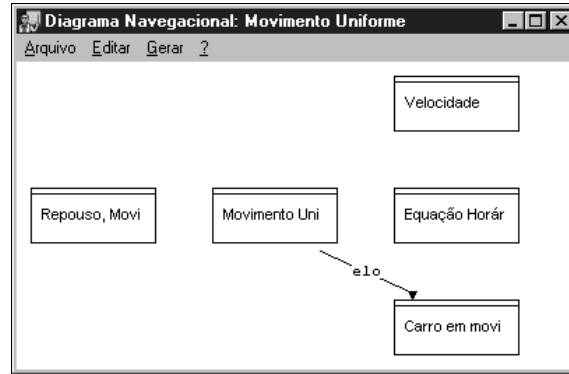


Figura 30: Exemplo de Diagrama Navegacional

Interface 'Inserir' para inserir um elemento navegacional. O formulário contém opções para 'Contexto', 'Nó' e 'Elo', um campo 'Derivado de:', um campo 'Nome:' com o valor 'Sem nome', e botões 'OK' e 'Cancelar'.

Figura 31: Interface para inserir um elemento navegacional

Um clique duplo em um contexto permite a expansão do contexto, enquanto que a mesma operação em um nó permite a especificação das informações correspondentes ao nó (a expansão do nó). A Figura 32 mostra a interface para especificar as informações (atributos EHDm) pertencentes a um nó. O exemplo mostra as informações do nó “Movimento Uniforme”. As informações essenciais (atributos do tipo núcleo) são indicadas através de uma caixa selecionada à esquerda do seu nome. As demais informações são chamadas de complementares (atributos do tipo satélite). Essa interface também permite adicionar informações, editar as informações existentes (classificação e apresentação) e alterar a especificação das âncoras referentes aos elos que partem do nó. O exemplo apresentado na Subseção 3.6 detalha essas operações.

As informações essenciais de um nó são aquelas que serão apresentadas quando um elo para o nó é acionado. Esse recurso é particularmente interessante para apresentar, ao mesmo tempo, duas informações com conteúdo representado por mídias diferentes. Por exemplo, para apresentar uma informação através de uma ilustração e uma narração, deve-se especificar duas informações essenciais: uma do tipo “Imagem” e a outra do tipo “Áudio”. O módulo de Geração de Protótipos traduz essa abstração para o MCA, criando um nó de contexto com dois nós terminais e ancorando o destino dos elos para essa informação nesse nó de contexto. Entretanto, esse comportamento não é obtido para as informações complementares. Isso pode ser resolvido permitindo especificar combinações de tipos para uma mesma informação e tratar esse aspecto no módulo de Geração de Protótipos.

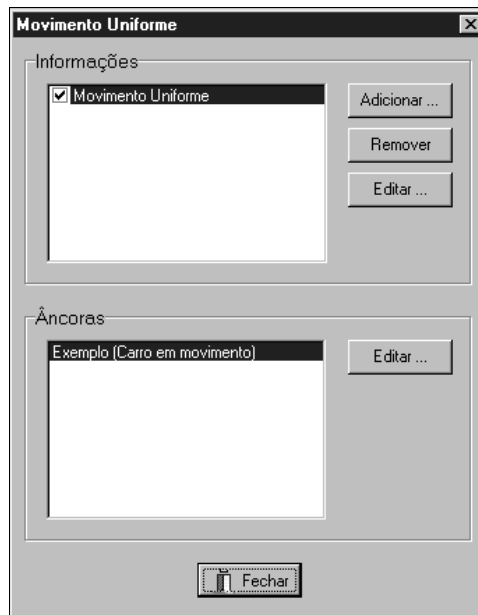


Figura 32: Interface para especificar as informações

3.4 Geração de Modelos

O módulo de Geração de Modelos proporciona um mapeamento automatizado do diagrama conceitual para o navegacional, ou seja, do modelo conceitual hierárquico para o modelo navegacional de contextos. Isso facilita laços de alimentação rápidos porque permite avançar rapidamente da fase de modelagem conceitual hierárquica para a fase de projeto navegacional de contextos.

Vários diagramas navegacionais podem ser gerados a partir de um único diagrama conceitual. Essa característica permite o reuso de modelos, conforme discutido na Subseção 2.3. Além disso, a possibilidade de realizar gerações parciais facilita a replicação de estruturas para a geração de material.

A Figura 33 mostra a interface para gerar diagramas navegacionais (menu “Gerar”, opção “Diagrama Navegacional”). A caixa “Gerar para” mostra o elemento selecionado para o qual será gerado um diagrama navegacional. O contexto destino do diagrama navegacional gerado pode ser selecionado através da caixa de seleção “No contexto”. Quando não é selecionado um contexto destino, o algoritmo cria um contexto para o diagrama navegacional no “nível zero”.

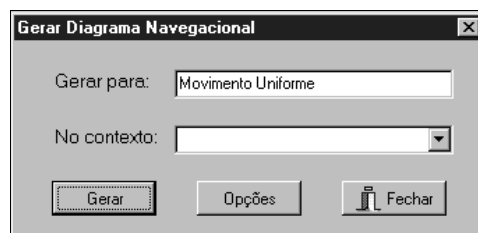


Figura 33: Interface para gerar diagrama navegacional

O algoritmo de mapeamento adota o padrão um-para-um, ou seja, cada entidade conceitual (conceito, exemplo, resultado e relacionamento) é mapeada em uma entidade navegacional

(contexto, nó e elo). Esse mapeamento possui algumas opções que podem ser selecionadas através da interface da Figura 34 (menu “Gerar”, opção “Opções”).

No exemplo da Figura 34, a opção “Exemplo” não está selecionada, significando que os exemplos serão mapeados para informações nos nós correspondentes aos conceitos ou resultados aos quais eles estão relacionados. A seleção dessa opção é recomendada quando os exemplos de um diagrama conceitual são específicos para os conceitos e resultados relacionados a eles. Nesse caso, os exemplos são considerados como informação complementar (atributo do tipo satélite do EHDM) das informações essenciais relativas aos conceitos e resultados. Se essa opção for selecionada, os exemplos serão mapeados para nós no diagrama navegacional.

As opções referentes aos relacionamentos indicam quais relacionamentos serão mapeados para elos. No exemplo da Figura 34, apenas o relacionamento “utilização” será mapeado para um elo no diagrama navegacional. A justificativa para as opções dessa natureza reside no fato de que, no EHDM, todos os relacionamentos conceituais não correspondem necessariamente a ligações navegacionais.

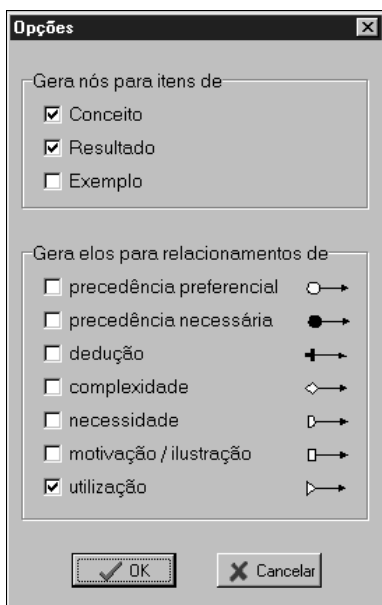


Figura 34: Interface para a seleção de opções de mapeamento

O mapeamento automatizado do diagrama conceitual para o diagrama navegacional auxilia a organização da hierarquia de contextos e a classificação das informações. O algoritmo gera um contexto para cada elemento conceitual expandido, mapeando a estrutura hierárquica conceitual para os contextos navegacionais. Essa estrutura de contextos pode não ser a estrutura ideal, mas ela pode ser considerada um ponto de partida para os autores. Os recursos de reestruturação fornecidos pelo SASHE podem ser utilizados para adequar essa estrutura às necessidades dos autores. Além disso, nada impede que esses recursos de reestruturação sejam implementados neste protótipo.

Quanto ao auxílio à classificação das informações, o algoritmo classifica automaticamente uma informação baseando-se nas primitivas dos elementos conceituais mapeados. Por exemplo, as informações mapeadas a partir de um conceito ou resultado são classificadas quanto à função didática “definição” e as mapeadas de um exemplo são classificadas como “exemplo”. Quando um nó é inserido no diagrama navegacional ou uma informação é adicionada a um nó, a Interface com o Usuário também utiliza esse recurso se o mapeamento for indicado.

Os roteiros podem ser gerados a partir do diagrama conceitual. A seqüência dos elementos do roteiro consiste dos elementos navegacionais correspondentes aos conceituais resultantes de uma ordenação topológica do grafo que representa o diagrama conceitual.

A Figura 35 mostra a interface para gerar roteiro (menu “Gerar”, opção “Roteiro”). O algoritmo gera um roteiro para o conceito ou resultado selecionado (visualizado na caixa “Gerar para”). No caso de um conceito, o algoritmo gera um roteiro seguindo uma ordenação topológica do diagrama conceitual da expansão do conceito. Para um resultado, o algoritmo verifica também os conceitos e resultados considerados necessários para a sua compreensão (obtidos através dos relacionamentos “necessidade” e “dedução”) e inclui roteiros para esses “pré-requisitos” no início do roteiro relativo ao resultado selecionado.



Figura 35: Interface para gerar roteiro

A interface da Figura 35 também permite selecionar três opções de liberdade de navegação⁴. A primeira opção (“Nenhuma”) permite que o aprendiz veja somente as informações (essenciais e complementares) pertencentes a cada elemento do roteiro. A opção “Parcial” estabelece o contexto a que pertence o elemento do roteiro como a liberdade de navegação para este elemento. Portanto, essa opção permite que o aprendiz veja as informações de todo o contexto a que pertence o elemento. A última opção (“Total”) permite que o aprendiz veja todas as informações do hiperdocumento a partir de qualquer elemento do roteiro.



Figura 36: Interface para editar roteiros

⁴ O conceito de liberdade de navegação é detalhado no contexto do SASHE (Nunes et al., 1997; Santos, 1997; Santos et al., 1997).

A geração automática de roteiros com opções de liberdade de navegação proporciona um auxílio para os autores, pois evita a especificação da liberdade de navegação para cada elemento e proporciona um padrão desta para todo o roteiro. Novamente, o resultado pode não ser o ideal ou o esperado. No entanto, o roteiro gerado pode ser editado posteriormente através de uma interface específica para esta tarefa, permitindo ajustes mais finos. A Figura 36 (acima) mostra essa interface. Um roteiro é apresentado como uma seqüência de nomes correspondente aos seus componentes. O contexto que define a liberdade de navegação é apresentado entre parênteses.

Um roteiro também pode ser obtido através da seleção dos seus elementos, em uma abordagem “ad hoc”. Os nós são escolhidos através do recurso usual de seleção múltipla e adicionados (menu “Gerar”, opção “Roteiro”) no final do último roteiro editado. Nessa abordagem, o módulo de Interface com o Usuário efetua uma consistência baseada na especificação conceitual, seguindo os mesmos padrões do algoritmo de geração automática de roteiros.

3.5 Geração de Protótipos

O módulo de Geração de Protótipos permite a tradução da especificação do diagrama navegacional (modelo navegacional de contextos) para um hiperdocumento segundo o Modelo de Contextos Aninhados (MCA). O diagrama navegacional pode ser especificado através dos recursos de edição ou pode ser gerado automaticamente a partir do diagrama conceitual. O módulo contém mecanismos de geração de material com o objetivo de produzir “esqueletos” de conteúdo para que o hiperdocumento protótipo possa ser navegado.

A possibilidade de realizar várias gerações parciais com opções idênticas ou diferentes para um mesmo diagrama navegacional facilita a geração de um protótipo maior ou com estruturas opcionais. Esse recurso é útil para que os autores possam experimentar algumas estruturas antes de abstrair a melhor. Entretanto, não existe um mecanismo de abstração automatizado. Segundo Nanard e Nanard (1995), esse mecanismo é difícil de ser conseguido sem a imposição de restrições.

O mecanismo de prototipação facilita os laços de realimentação rápidos porque fornece *feedback* ao autor sem que seja necessário completar todas as etapas de desenvolvimento. De um modo geral, a prototipação de hiperdocumentos facilita os movimentos de ida e volta entre as camadas abstrata e concreta de uma aplicação, permitindo ao autor alternar entre as abordagens *bottom-up* e *top-down* (Nanard & Nanard, 1995).

3.6 Exemplo de utilização do EHDT

Esta seção apresenta o exemplo utilizado para ilustrar e avaliar o EHDT no desenvolvimento de hiperdocumentos para o SASHE. Nesse contexto, é recomendado empregar a seguinte metodologia de desenvolvimento para obter um hiperdocumento:

1. Definir o Escopo do Hiperdocumento;
2. Elaborar um Diagrama Conceitual;
3. Elaborar um Diagrama Navegacional;
4. Gerar e Testar um Protótipo do Hiperdocumento;
5. Avaliar o Protótipo;
6. Repetir as etapas 2, 3, 4 e 5 até obter o Hiperdocumento Final.

A primeira etapa visa limitar o domínio de conhecimento que será abordado pelo hiperdocumento. As etapas 2, 3 e 4 correspondem às fases do processo definido pelo EHDM (Figura 2): Modelagem Conceitual Hierárquica, Projeto Navegacional de Contextos, Construção e Teste. A etapa 5 decide se o protótipo gerado pode ser considerado ou não o hiperdocumento final. O enfoque para a etapa 6 é o de refinamento do projeto, como sugerido na metodologia apresentada na Subseção 2.1. Essas etapas de desenvolvimento são descritas a seguir no contexto de um exemplo

3.6.1 Definição do Escopo do Hiperdocumento

Inicialmente, é necessário definir o escopo do hiperdocumento, ou seja, estabelecer claramente os limites do domínio de conhecimento tratado pelo hiperdocumento. Essa atividade fornece um ponto de partida para as demais etapas da metodologia e facilita a seleção dos conceitos, resultados e exemplos relevantes utilizados para representar o domínio de conhecimento desejado.

O hiperdocumento a ser desenvolvido neste estudo de caso pretende auxiliar um aprendiz no estudo dos Movimentos, que é uma das teorias da Física. A parte da Física que estuda essa teoria é a Mecânica. As subseções seguintes descrevem as demais etapas no contexto do desenvolvimento desse hiperdocumento.

3.6.2 Elaboração de um Diagrama Conceitual

A etapa de elaboração de um diagrama conceitual consiste em representar o domínio de conhecimento através de um diagrama que corresponde a um modelo conceitual hierárquico do EHDM. O conceito “Movimentos” (Figura 37) é o ponto de partida da modelagem, porque abrange toda a teoria delimitada na seção anterior. Esse conceito é expandido em outros conceitos segundo o princípio da diferenciação progressiva. O critério utilizado neste exemplo classifica os movimentos em unidimensionais e bidimensionais.

O diagrama resultante da modelagem segundo esse critério é mostrado na Figura 38. Os conceitos relativos aos movimentos identificados são os seguintes: os movimentos unidimensionais denominados de “Movimentos Retilíneos” e os movimentos bidimensionais denominados de “Movimentos de Projéteis” e “Movimento Circular”. “Conceitos Básicos” abrange os conceitos necessários para compreender os movimentos e, portanto, foi considerado como pertencente à teoria. Os conceitos foram relacionados através do relacionamento de “precedência necessária” para indicar que essa seqüência de apresentação é necessária para o aprendizado.

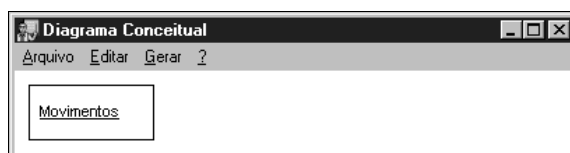


Figura 37: Representação do conceito “Movimentos”

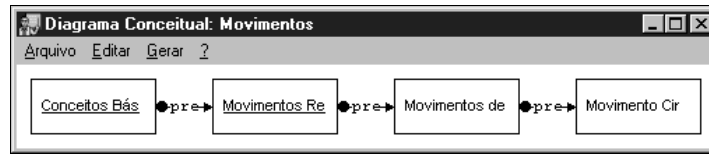


Figura 38: Diagrama conceitual para a expansão do conceito "Movimentos"

De forma semelhante, "Conceitos Básicos" foi expandido nos conceitos "Movimento, Trajetória e Referencial", "Tempo e Espaço", "Velocidade" e "Aceleração", conforme o diagrama mostrado na Figura 39. O excesso de conceitos pode ser considerado normal nesse estágio inicial de modelagem, pois os conceitos da Figura 38 são conceitos mais gerais, situados perto do "topo" da hierarquia, e os conceitos da Figura 39 representam as definições iniciais necessárias para a compreensão do restante da teoria.

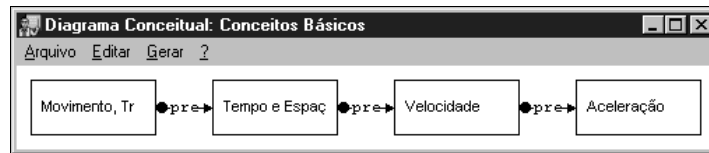


Figura 39: Diagrama conceitual para a expansão do conceito "Conceitos básicos"

A Figura 40 mostra a expansão do conceito "Movimentos Retilíneos" nos conceitos "MU: Movimento Uniforme" e "MUV: Movimento Uniformemente Variado", nos resultados "Equação horária do MU", "Equação da Velocidade e Equação Horária do MUV" e "Equação de Torricelli", e nos exemplos "Carro em movimento", "Movimento da tartaruga", "Carro freando" e "Salto de pára-quedas". Os conceitos "Movimentos de Projéteis" e "Movimento Circular" são expandidos de forma semelhante.

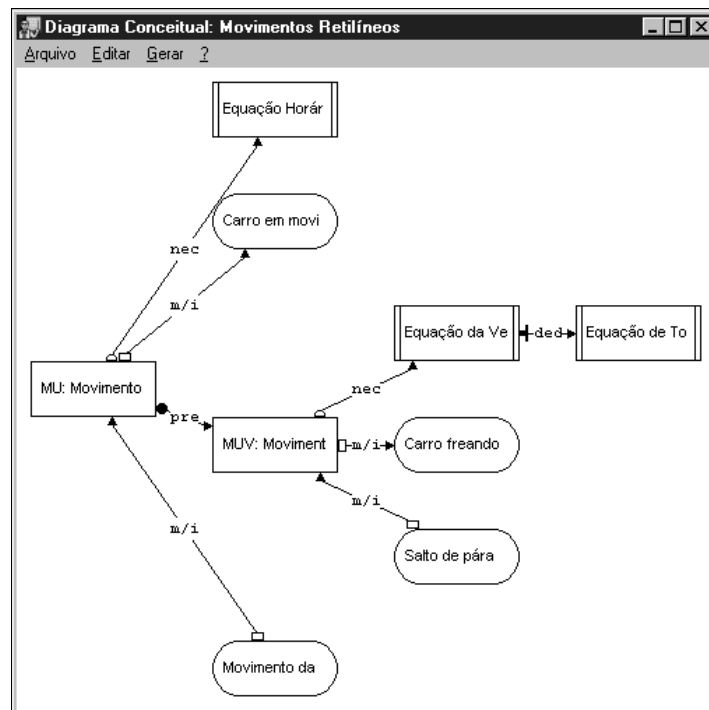


Figura 40: Diagrama conceitual para a expansão do conceito "Movimentos Retilíneos"

3.6.3 Elaboração de um Diagrama Navegacional

Nesta etapa, os elementos do modelo conceitual hierárquico representado no diagrama conceitual são mapeados para elementos navegacionais (contextos, nós e elos) de um modelo navegacional de contextos. O diagrama navegacional que representa esse modelo pode ser editado ou gerado automaticamente. Neste exemplo, optou-se pela geração automática porque o objetivo é obter rapidamente um protótipo para avaliar o modelo especificado até o momento. A Figura 41 mostra as opções para essa operação. A caixa “No contexto” é utilizada para indicar o contexto destino do mapeamento. Como não foi especificado um contexto destino, o algoritmo cria um contexto para o diagrama navegacional no “nível zero”.

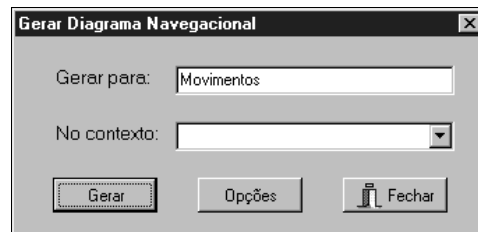


Figura 41: Opções para gerar um diagrama navegacional para o hiperdocumento

As opções de mapeamento selecionadas para gerar o diagrama navegacional são mostradas na Figura 42. De acordo com essas opções, cada elemento do diagrama conceitual (conceito, resultado ou exemplo) é mapeado em um nó no diagrama navegacional. Quanto aos relacionamentos do diagrama conceitual, somente os de “motivação / ilustração” e os de “utilização” são mapeados para elos no diagrama navegacional. As Figuras 43, 44 e 45 apresentam os diagramas navegacionais gerados para os diagramas conceituais das Figuras 38, 39, 40.

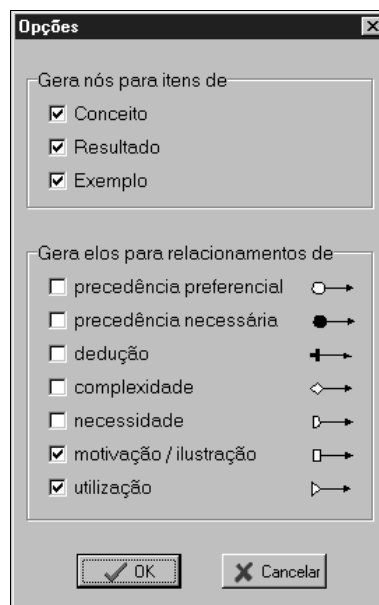


Figura 42: Opções selecionadas para gerar o diagrama navegacional



Figura 43: Diagrama navegacional gerado a partir do diagrama conceitual da Figura 38



Figura 44: Diagrama navegacional gerado a partir do diagrama conceitual da Figura 39

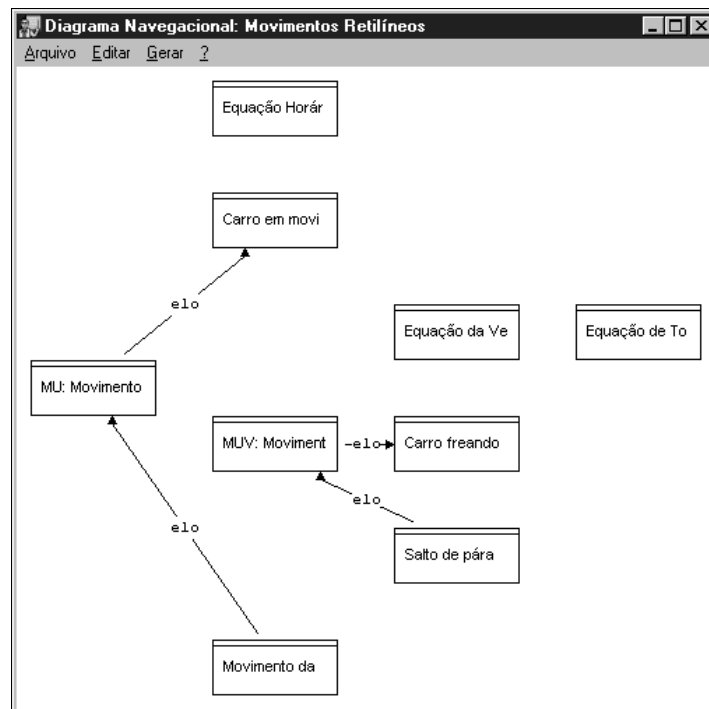


Figura 45: Diagrama navegacional gerado a partir do diagrama conceitual da Figura 40

A especificação de roteiros completa esta etapa. Os roteiros podem ser especificados através da seleção dos seus elementos ou gerados automaticamente. Novamente, preferiu-se a geração automática de roteiros porque o objetivo é obter um protótipo rapidamente. A Figura 46 mostra as opções para gerar um roteiro relativo ao conceito “Movimentos” (um roteiro para navegar através de todo o hiperdocumento). A liberdade de navegação escolhida é a opção “Parcial”, ou seja, a partir de um elemento do roteiro o aprendiz pode atingir todas as informações contidas no contexto a que pertence este elemento.

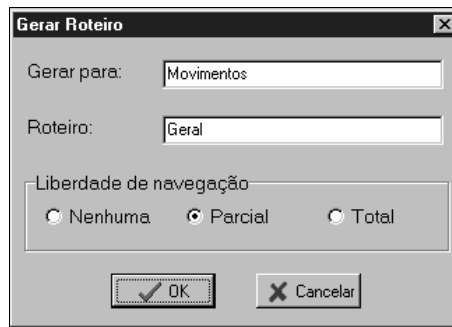


Figura 46: Opções para gerar um roteiro para o hiperdocumento

A Figura 47 apresenta o roteiro resultante dessa operação como uma seqüência de nomes correspondente aos componentes do roteiro. Pode-se notar que a seqüência gerada obedece a ordem dos relacionamentos especificados no diagrama conceitual. O contexto que define a liberdade de navegação é apresentado entre parênteses.



Figura 47: Seqüência de elementos de um roteiro

Outra tarefa que pode ser realizada nessa etapa é a edição das propriedades (classificação e apresentação) das informações inseridas pelo algoritmo de mapeamento nos nós. Além disso, outras informações podem ser adicionadas às informações existentes em um nó. A Figura 48 mostra exemplos de informações adicionadas utilizando a interface para a edição das informações e âncoras de um nó. No primeiro exemplo, a informação “O Movimento Retilíneo Uniforme”, classificada com dificuldade “Fácil”, é um texto alternativo para a informação “MU: Movimento Uniforme”, com dificuldade “Regular”. Portanto, a primeira informação (“O Movimento Retilíneo Uniforme”) é complementar à segunda (“MU: Movimento Uniforme”).

No outro exemplo da Figura 48, a informação “Gráficos do MU” foi adicionada ao nó “Equação do MU” como essencial para a compreensão da equação horária do movimento uniforme porque a utilização de gráficos nesse contexto permite visualizar o comportamento do movimento de uma maneira fácil e rápida. Exercícios e exemplos também podem ser adicionados como informações complementares no nó “Equação do MU”.

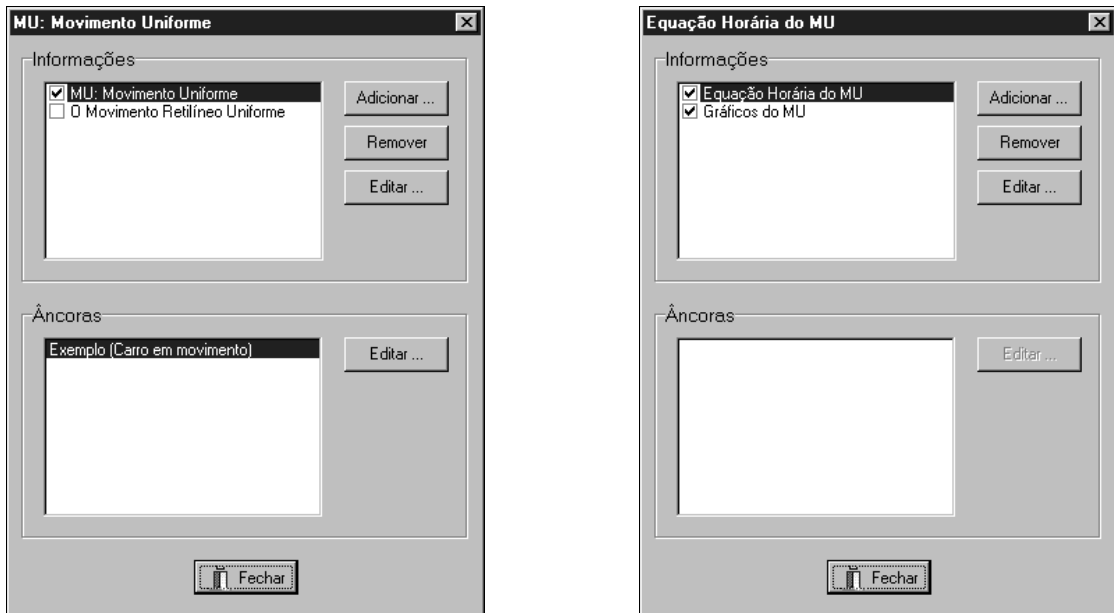


Figura 48: Exemplos de informações adicionadas a um nó

A Figura 49 mostra a especificação para a informação “Gráficos do MU” na interface utilizada para adicionar informações ao nó. As caixas “Palavras-Chave”, “Função Didática” e “Dificuldade” correspondem à classificação da informação. A apresentação é especificada através da mídia de representação e do caminho do arquivo correspondente ao conteúdo da informação.

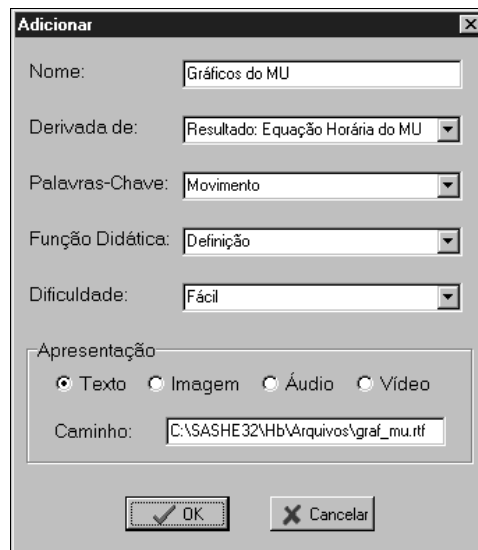


Figura 49: Especificação da informação “Gráficos do MU”

3.6.4 Geração e Teste de um Protótipo

Durante a etapa de geração de um protótipo, o diagrama navegacional é convertido para um hiperdocumento padrão do SASHE (arquivo com extensão “hip”), para a realização de testes desse protótipo. O algoritmo de prototipação utiliza um mecanismo de geração de material para

criar “esqueletos” (páginas com ligações) com o objetivo de permitir a navegação pelo hiperdocumento e, portanto, permitir a realização de testes e avaliação. Cada “esqueleto” é associado a uma informação de um nó e é composto por um arquivo do tipo texto com os elos necessários para a navegação.

A Figura 50 ilustra a navegação por um hiperdocumento protótipo. Neste exemplo, as janelas denominadas de “MU: Movimento Uniforme” e “Carro em movimento” são os “esqueletos” gerados para estas informações. A janela “Carro em movimento” foi apresentada quando o elo representado pela âncora “Exemplo” na janela “MU: Movimento Uniforme” foi acionado.

Toda alteração realizada nos arquivos correspondentes ao conteúdo do hiperdocumento é preservada. O algoritmo de geração do protótipo verifica as âncoras existentes no arquivo associado à informação e insere apenas as que ainda não pertencem ao arquivo. Isso permite que o hiperdocumento seja desenvolvido aos poucos, evoluindo para o resultado final.

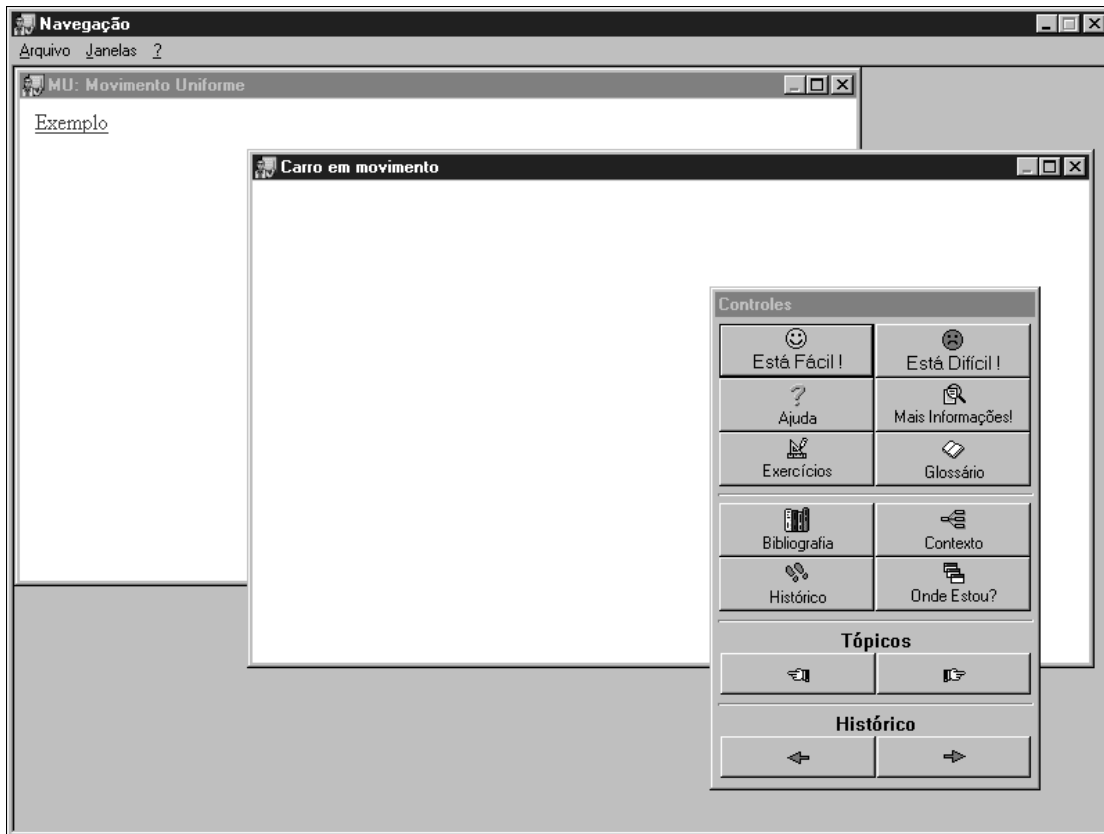


Figura 50: Exemplo de navegação pelos “esqueletos” do hiperdocumento protótipo

3.6.5 Avaliação do Protótipo

A etapa de avaliação visa analisar o hiperdocumento protótipo sob o ponto de vista educacional. O resultado dessa análise é a decisão de realizar ou não uma iteração no processo de desenvolvimento, ou seja, repetir as etapas 2, 3, 4 e 5 até obter um resultado positivo na etapa de avaliação.

A Figura 51 ilustra a navegação pelas páginas do hiperdocumento final correspondentes às páginas do exemplo da Figura 50. O material utilizado no desenvolvimento do hiperdocumento foi obtido do curso de Mecânica Gráfica do Programa Educ@r (USP, 1997) e do livro sobre Física de Barros e Paulino (1998).

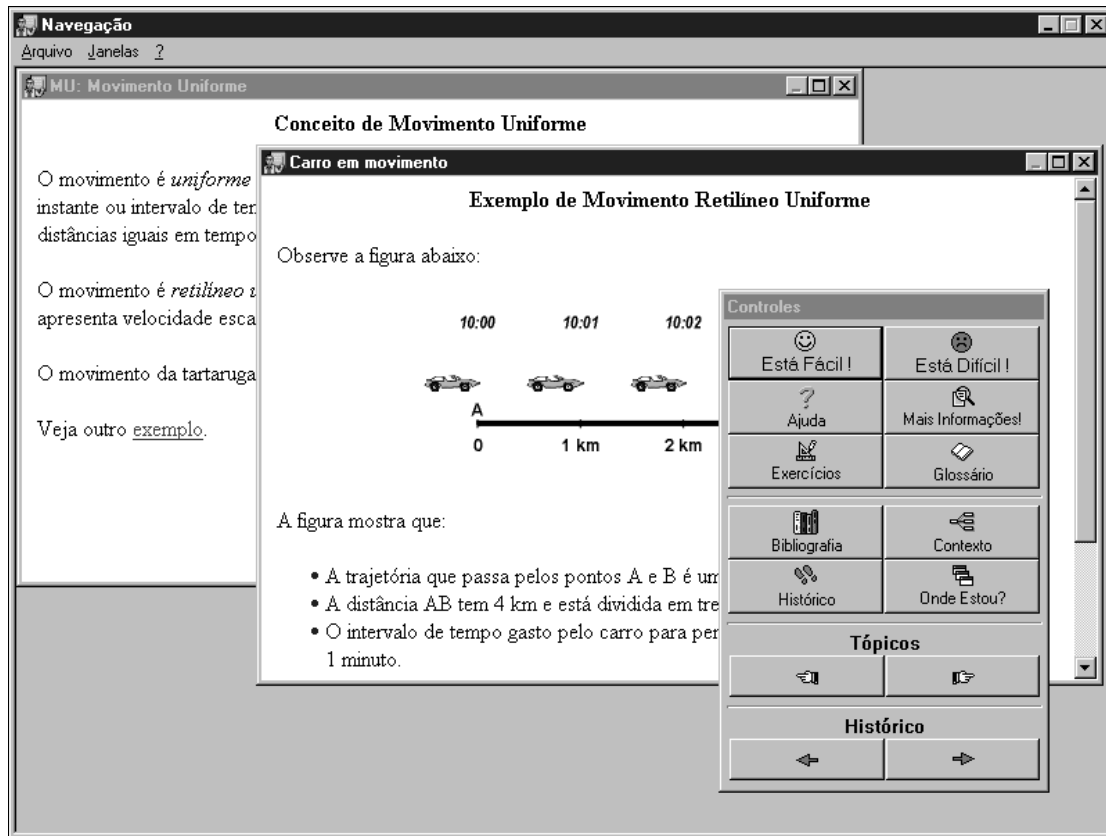


Figura 51: Exemplo de navegação pelo hiperdocumento final

4 Conclusões

Neste artigo foram apresentados o Método para Projeto de Hiperdocumentos para Ensino, ou EHDM (*Educational Hyperdocuments Design Method*), e o protótipo da ferramenta EHDT (*Educational Hyperdocuments Development Tool*), proposta como um ambiente de modelagem e desenvolvimento de hiperdocumentos integrado ao SASHE. As Subseções 4.1 e 4.2 apresentam, respectivamente, as principais contribuições e os trabalhos futuros.

4.1 Contribuições

As principais contribuições do trabalho apresentado neste artigo podem ser assim resumidas:

1. O trabalho propõe um método para projeto de hiperdocumentos educacionais, denominado EHDM, que contempla os autores com um modelo que possui uma linguagem orientada para o ensino, evitando o aprendizado de conceitos que podem ser complicados para esses autores (por exemplo, orientação a objetos e entidade-relacionamento). O método mostrou-se suficientemente genérico para tratar grande parte das áreas do conhecimento. Além disso, o EHDM permite que processos automatizados sejam implementados baseados nas características específicas de ensino registradas nas especificações dos modelos. A independência do EHDM em relação a sistemas e plataformas hipermídia permite que este

- seja estendido de diversas maneiras. Por exemplo, pode-se acrescentar uma fase de projeto de interface através da definição de um modelo para o domínio de ensino.
2. Outra contribuição do EHDM consiste na sua utilização como base para a análise e comparação de metodologias de projeto e de estilos de autoria (padrões) de hiperdocumentos para ensino, e também para o desenvolvimento de ferramentas automatizadas de análise e projeto dessas aplicações. A comparação do EHDM com os métodos genéricos de projeto de aplicações hipermídia e com alguns trabalhos relacionados mostra que o método suporta o processo de desenvolvimento de aplicações hipermídia para ensino e apresenta mecanismos para representar algumas peculiaridades dessas aplicações tanto no nível conceitual quanto no navegacional.
 3. Resultou do trabalho a implementação de uma ferramenta de suporte automatizado integrada ao SASHE, denominada EHDT, que proporciona um ambiente de desenvolvimento de hiperdocumentos para ensino neste sistema. O EHDT constitui a validação do EHDM em um contexto de aplicação real, pois suporta as fases definidas pelo método dentro de um processo de desenvolvimento baseado em prototipação evolutiva. As características implementadas nos módulos do EHDT, principalmente a geração de protótipos, facilitam as atividades de re-projeto, teste e avaliação de um hiperdocumento para ensino. A independência do EHDM em relação a sistemas e plataformas hipermídia permite que o EHDT seja estendido para traduzir as especificações (gerar protótipos) para outros sistemas e/ou plataformas hipermídia diferentes do SASHE, por exemplo, para a *World Wide Web*.

4.2 Trabalhos Futuros

Alguns dos trabalhos que podem dar continuidade aos resultados apresentados nesta dissertação são:

1. Investigação maior da generalização do modelo utilizado pelo EHDM para descrever o domínio de conhecimento. A semântica rígida dos relacionamentos introduzida pelo EHDM dificulta a generalização para domínios que possuem ligações com semânticas mais ricas, por exemplo, os de Filosofia e Sociologia. Por outro lado, a possibilidade de registrar características específicas de um determinado domínio de conhecimento (por exemplo, as informações relativas às classes epistemológicas definidas por Michener) pode fornecer subsídios para automatizar procedimentos que explorem essas características.
2. A extensão do EHDM para permitir a modelagem da interface com o usuário em hiperdocumentos para ensino. Atualmente, o método não fornece um modelo específico para essa tarefa. A Tabela 1 ilustra a complexidade deste trabalho; a maioria dos métodos genéricos para projeto de aplicações hipermídia não possui orientações efetivas para a modelagem da interface. Além disso, os aspectos do domínio de ensino podem apresentar novas dificuldades.
3. A definição de um grupo de padrões de projeto para hiperdocumentos educacionais. O enfoque de “padrões de projeto” (“*design patterns*”) tem sido investigado no contexto da *World Wide Web* para registrar e reutilizar as informações e decisões de projeto (Lyardet et al. 1998). Um estudo desse enfoque no contexto de aplicações hipermídia para ensino deve ser considerado, pois essa abordagem pode fornecer diretrizes de projeto importantes para os autores dessas aplicações.
4. A incorporação de ferramentas automatizadas ao EHDT para auxiliar o teste e avaliação dos protótipos. Apesar do editor gráfico do EHDT proporcionar a verificação da

consistência e validade dos modelos representados pelos diagramas, a investigação de recursos adicionais para análise e avaliação do hiperdocumento a partir de outras perspectivas deve ser considerada. Esses recursos podem ser baseados, por exemplo, em “padrões de projeto”.

5. A extensão do EHDT para traduzir as especificações para outros sistemas e/ou plataformas hipermídia. Atualmente, o EHDT proporciona a geração de protótipos de hiperdocumentos para o SASHE e, portanto, segundo o MCA. Outra alternativa é implementar o EHDT como um *plug-in* para um navegador e permitir a tradução das especificações para HTML.
6. A implementação de um dicionário de dados integrado ao EHDT para facilitar a manutenção das especificações (dados referentes aos diagramas). A abordagem adotada pode ser a de tornar o próprio ambiente do EHDT uma aplicação hipermídia, conforme proposto por Díaz e Isakowitz (1995) e Harrison (1995).
7. A implementação de ferramentas auxiliares adicionais para visualizar a estrutura hierárquica. Atualmente, o editor gráfico do EHDT apresenta o diagrama referente à expansão de um elemento do diagrama de nível superior. Um recurso semelhante ao “*browser* estrutural” do SASHE pode ser útil para fornecer uma visão geral da estrutura hierárquica. Pode-se considerar a implementação de abordagens mais recentes, como a *Hyperbolic Tree* (Inxight, 1998), uma tecnologia utilizada para navegar hierarquias.
8. A avaliação do protótipo do EHDT com os usuários (autores). Uma avaliação do protótipo é necessária para que seja possível verificar sua eficácia no projeto de hiperdocumentos para ensino. O EHDM e o EHDT podem ser enriquecidos com a experiência obtida nos projetos desenvolvidos durante essa avaliação.

Referências Bibliográficas

- BARROS, C., PAULINO, W.R. *Física e Química: livro do professor*. São Paulo: Ática, 1998.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: história*. Brasília: MEC / SEF, 1998.
- CARVALHO, M.R. *HMBS/M – Um método orientado a objetos para o projeto e o desenvolvimento de aplicações hipermídia*. São Carlos, 1998. 133p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo.
- CASANOVA, M.A. et al. The Nested Context Model for Hyperdocuments. In: Hypertext’91, San Antonio, Texas. *Proceedings*, p.193-201, 1991.
- CONKLIN, J. Hypertext: An Introduction and Survey. *IEEE Computer*, v.10, n.9, p.17-41, 1987.
- DÍAZ, A., ISAKOWITZ, T. RMCASE: Computer-Aided Support for Hypermedia Design and Development. In: International Workshop on Hypermedia Design, Montpellier, France. *Proceedings*, 1995.
- FARIA, W. *Mapas conceituais: aplicações ao ensino, currículo e avaliação*. São Paulo: E.P.U., 1995.
- FORTES, R.P.M. *Análise e Avaliação de Hiperdocumentos: uma abordagem baseada na Representação Estrutural*. São Carlos, 1996. 179p. Tese (Doutorado) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- GANE, C., SARSON, T. *Análise estruturada de sistemas*. Rio de Janeiro: LTC, 1983.
- GARZOTTO, F., PAOLINI, P., SCHWABE, D. HDM - A Model-Based Approach to Hypertext Application Design. *ACM Transactions on Information Systems*, v.11, n.1, p.1-26, 1993.
- HARRISON, M.A. The essential elements of hypermedia. In: Earnshaw, RA; Vince, JA., eds. *Multimedia Systems and Applications*. Academic Press, 1995.
- HASEGAWA, R., NUNES, M.G.V. TOOTEMA: uma Ferramenta para a construção de Sistemas Tutores Inteligentes em Matemática. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 6., Florianópolis. *Anais*, 1995.
- INXIGHT. *The Hyperbolic Tree*. [online]. Disponível em: <<http://www.inxight.com/products/hw/>> [11 Ago. 1998].
- ISAKOWITZ, T., STOHR, E.A., BALASUBRAMANIAN, P. RMM: A Methodology for Structured Hypermedia Design. *Communications of the ACM*, v.38, n.8, p.34-44, 1995.
- JONASSEN, D.H., GRABINGER, R.S. Problems and Issues in Designing Hypertext / Hypermedia for Learning. In: Jonassen, D.H., Mandl, H., eds. *Designing Hypermedia for Learning*, Springer-Verlag, 1990.
- KAWASAKI, E.I., FERNANDES, C.T. Modelo para Projeto de Cursos Hiperídia. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 7., Belo Horizonte. *Anais*, p.227-240, 1996.
- KOMMERS, P.A.M., FERREIRA, A.F., KWAK, A.W. *Document Management for Hypermedia Design*. Springer-Verlag, 1998.
- LANGE, D.B. An object-oriented design method for hypermedia information systems. In: International Conference on System Sciences, 27., Maui, Hawaii. *Proceedings*, New York, IEEE Press, p.366-375, 1994.
- LARGE, A. Hypertext instructional programs and learner control: a research review. *Education for Information*, v.14, n.2, p.95-106, 1996.
- LYARDET, F., ROSSI, G., SCHWABE, D. Discovering and Using Design Patterns in the WWW. In: Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Hiperídia (SBMIDIA'98), 4., Rio de Janeiro. *Anais*, p.163-174, 1998.
- MARQUES, A.M., BERUTTI, F.C., FARIA, R.M. *História Moderna através de Textos*. São Paulo: Contexto, 1994.
- MICHENER, E.R. Understanding understanding Mathematics. *Cognitive Science*, v.2, n.4, 1978.
- MOREIRA, M.A., BUCHWEITZ, B. *Mapas Conceituais: instrumentos didáticos, de avaliação e de análise de currículo*. São Paulo: Moraes, 1987.
- NANARD, J., NANARD, M. Hypertext Design Environments and the Hypertext Design Process. *Communications of the ACM*, v.38, n.8, p.49-56, 1995.
- NUNES, M.G.V. et al. *SASHE: Sistema de Autoria e Suporte Hiperídia para Ensino*. São Carlos, ICMSC, 1997. (Notas ICMSC-USP, 33)
- NUNES, M.G.V., FORTES, R.P.M. Roteiros em Aplicações no Ensino: A Questão do Controle do Leitor. In: Workshop em Sistemas Multimídia e Hiperídia, 3., São Carlos. *Anais*, p.15-27, 1997.
- PIMENTEL, M.G. MAPHE: Metodologia de Apoio a Projetos de Hipertextos Educacionais. In:

- Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 8., São José dos Campos. *Anais*, p.351-368, 1997.
- PIMENTEL, M.G. Modelo Orientado a Conceitos (MOC). In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE'98), Fortaleza. *Anais*, 1998.
- RATIONAL. *UML Resource Center*. [online]. Rational, 1995. Disponível em: <<http://www.rational.com/uml/index.jhtml>> [02 Fev. 1999].
- ROSSI, G. *Um método Orientado a Objetos para o Projeto de Aplicações Hipermídia*. Rio de Janeiro, 1996. 205p. Tese (Doutorado) – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- RUMBAUGH, J. et al. *Object Oriented Modeling & Design*. Prentice Hall, 1991.
- SANTIBAÑEZ, M.R.F., FERNANDES, C.T. SICH: Uma Ferramenta para a Construção de Cursos Hipermídia na WWW. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE'98), Fortaleza. *Anais*, 1998.
- SANTOS, G.H.R. *Sistemas Hipermídia para o Ensino: Estendendo as Facilidades para o Tutor e o Estudante*. São Carlos, 1997. 63p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SANTOS, G.H.R. et al. SASHE: Autoria de Aplicações Hipermídia para o Ensino. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 8., São José dos Campos. *Anais*, p.425-440, 1997.
- SCHWABE, D., ROSSI, G. The Object-Oriented Hypermedia Design Model. *Communications of the ACM*, v.38, n.8, p.45-46, 1995.
- SCHWABE, D., ROSSI, G., BARBOSA, S.D.J. Systematic Hypermedia Application Design with OOHDM. In: Hypertext'96, Washington. *Proceedings*, p.116-128, 1996.
- SOARES, L.F.G., RODRIGUEZ, N.L.R., CASANOVA, M.A. NCM: A Conceptual Model for Hyperdocuments. In: Workshop em Sistemas Hipermídia Distribuídos, 1., São Carlos. *Anais*, p.40-46, 1995.
- SOARES, L.F.G., RODRIGUEZ, N.L.R., CASANOVA, M.A. Modelo de Contextos Aninhados: Um Modelo Conceitual Hipermídia. *Revista Brasileira de Computação*, v.7, n.2, p.35-48, 1994.
- THÜRING, M., HANNEMANN, J., HAAKE, J.M. Hypermedia and Cognition: Designing for Comprehension. *Communications of the ACM*, v.38, n.8, p.57-66, 1995.
- TURINE, M.A.S. *HMBS: Um Modelo Baseado em Statecharts para a Especificação Formal de Hiperdocumentos*. São Carlos, 1998. 192p. Tese (Doutorado) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- TURINE, M.A.S., OLIVEIRA, M.C.F., MASIERO, P.C. HySCharts: Um Ambiente de Autoria e Navegação Baseado no Modelo HMBS. In: Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Hipermídia (SBMIDIA'98), 4., Rio de Janeiro. *Anais*, p.27-38, 1998.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Centro de Divulgação Científica e Cultural. *Programa Educ@r: Mecânica Gráfica*. [online]. São Carlos: CDCC-USP, 1997. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/fisica/indice.html>> [2 Fev. 1999].
- VILELA, P.R.S. *Uma ferramenta para auxílio visual ao teste e depuração de programas*. Campinas, 1994. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade

Bibliografia Consultada

CANTÙ, M. *Dominando o DELPHI 4: A Bíblia*. São Paulo: Makron Books, 1998.

FOWLER, M., SCOTT, K. *UML Distilled: Applying the Standard Object Modeling Language*. Addison-Wesley, 1997.

LANGSAM, Y., AUGENSTEIN, M.J., TENENBAUM, A.M. 2.ed. *Data Structures Using C and C++*. Prentice Hall, 1996.