

XML Topic Maps e Mapas de Conceitos

Francisco Paz, Paulo Teixeira, Giovani Rubert Librelotto, Sandra Cristina Lopes, and Pedro Rangel Henriques

Universidade do Minho, Departamento de Informática
4710-057, Braga, Portugal
prh@di.uminho.pt

Abstract. O desafio que os programadores de software educativo enfrentam é o de terem que implementar adequadamente uma determinada concepção da aprendizagem, que não é necessariamente a sua. O que é hoje conhecido sobre os processos de aprendizagem dos indivíduos não deriva de investigação realizada com tecnologia, nem da aprendizagem apoiada no computador, decorre sobretudo dos contributos da psicologia do desenvolvimento e da psicologia da aprendizagem. Assim cabe ao programador compreender a metodologia que o pedagogo quer seguir e espelhá-la no software que desenvolve, em vez de ser a tecnologia que ele domina a impor o estilo de aprendizagem implícito nesse software.

Nesse sentido, este artigo sugere o uso de Mapas de Conceitos como forma de organizar o conhecimento que constitui o conteúdo de uma disciplina. No artigo defende-se, então, o uso da norma Topic Maps, com base na sintaxe XTM (XML Topic Maps), para descrever o mapa de conceitos de um domínio em particular que é o tema da dita disciplina. A argumentação apresentada a favor desta escolha tecnológica assenta na possibilidade de derivar automaticamente da descrição XTM um visualizador (acessível via Web) que permite navegar através dos conceitos encontrados neste mapa. Essa navegação permite, por um lado, ir de conceito em conceito analisando as várias relações que os ligam e, por outro lado, possibilita o acesso à informação final associada aos conceitos básicos.

Neste contexto pretendemos mostrar as potencialidades da tecnologia Topic Maps e como esta pode ser uma parceira que providencia oportunidades de aprendizagem.

1 Introdução

Os Mapas de Conceitos (MC) têm sido usados em inúmeras áreas científicas, da educação à política, da filosofia às ciências ditas exactas, para construir representações visuais de estruturas de conhecimento, de fenómenos científicos complexos e até de ideias em fase embrionária.

No seguimento de experiências efectuadas, concluiu-se [13] que a organização de conteúdos curriculares com apoio em MC é uma das abordagens que tem, nos dias de hoje, mais sucesso para esquematizar o tipo de ensino que se pretende. Como se dirá à frente, os MC têm outras importantes vantagens tanto para o professor como para o aluno. Apesar de tudo isso, constata-se que o seu uso

e exploração está muito aquém do que seria de esperar e desejável. Na nossa opinião, tal deve-se, principalmente, ao esforço requerido para desenhar no papel mapas reais, que tendem a ser grandes e complexos, e à inerente dificuldade em navegar posteriormente nesse mapa acedendo aos materiais didácticos associados aos conceitos. Recentemente assistiu-se ao aparecimento de vários livros em que surgem MC no início de cada capítulo, como forma de sintetizar a matéria aí incluída, mas como é fácil de perceber, não há uma interligação directa entre os nós do mapa e os locais do livro onde os conceitos são explicados, . . .

Vivendo-se numa era em que existe uma preocupação constante na integração da novas tecnologias no processo ensino/aprendizagem, a tecnologia XML Topic Maps (XTM) vem permitir que os mapas de conceitos tradicionais saltem do papel para o écran do computador, trazendo as tais capacidades de exploração que no mundo físico eram desejadas mas impossíveis de criar!

Neste artigo vai-se mostrar que Mapas de Conceitos e Topic Maps (TM) foram criados com a mesma finalidade, *representar o conhecimento*, mas por correntes diferentes de investigação¹, e que a integração de ambos, além de possível e sistemática, aporta inúmeras vantagens ao sistema de ensino/apredizagem.

Pretende-se, então, sugerir que se use a notação XTM — criada no mundo do XML para descrever TM — e todo o arsenal tecnológico associado, para representar MC de modo a criar uma interface Web que permita, simultaneamente, visitar os conceitos percorrendo as ligações que os unem e aceder aos materiais didácticos associados a alguns desses conceitos e também disponíveis na Web.

Nas duas secções seguintes serão apresentados os dois temas de base: na Secção 2 introduzem-se os Mapas de Conceitos, do ponto de vista dos agentes educativos; e na Secção 3 fala-se de Topic Maps do ponto de vista dos tecnólogos. Na Subsecção 3.1 refere-se, sucintamente, a linguagem XML que permite expressar os Topic Maps, a XTM. A ponte entre Mapas de Conceitos e Topic Maps será feita na Secção 4, onde será, ainda, apresentado um caso de estudo (4.1). O gerador de interfaces Web a partir dos Topic Maps será apresentado na Secção 5, bem como a sua aplicação concreta ao caso de estudo introduzido na Secção precedente, discutindo-se prós e contras das alternativas que foram exploradas (Omnigator e Ulisses). Por último, na Secção 6, será feita uma breve reflexão sobre os benefícios que se tiram de projectos multi-disciplinares como este que se descreve ao longo do artigo e comentam-se os próximos passos para lhe dar o prosseguimento desejado.

2 Mapas de Conceitos

Os Mapas de Conceitos (MC) têm a sua origem no movimento da teoria construtivista da aprendizagem, de Ausubel [1]. A ideia central desta teoria é da aprendizagem significativa, que surge em oposição à de aprendizagem mecânica, em que o conhecimento é memorizado sem que o aluno estabeleça relações entre a nova informação e aquela que já existe na sua estrutura cognitiva. Assim, a

¹ Por um lado temos os agentes educativos por outro os tecnólogos.

aprendizagem significativa é o processo através do qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura do conhecimento do sujeito [1]. O aluno ao confrontar-se com novos conhecimentos deve ser capaz de distinguir os principais conceitos e de os relacionar com os conhecimentos anteriores. Os Mapas de Conceitos foram usados pela primeira vez, há mais de 4 décadas, por Novak o qual defendia que o mapa de conceitos pode ter várias funções em simultâneo: como recurso de auto-aprendizagem ao dispor dos alunos e professores; como método para encontrar e explicitar significado para os materiais de estudo; e como estratégia que estimula a organização dos materiais de estudo. Os MC são, para Joseph Novak [11], uma ferramenta para organizar e representar conhecimento.

Hoje em dia, os mapas de conceitos são utilizados com variados fins pedagógicos:

- como uma técnica de planificação;
- como forma de estruturar conteúdos para a leccionação de determinada unidade didáctica (que será o exemplo apresentado ao longo deste artigo);
- para sintetizar informação;
- para consolidar informação a partir de diferentes fontes de pesquisa;
- como meio de simplificar a abordagem a problemas complexos;
- para ajudar o aluno a fixar a sua atenção nos conceitos mais importantes, ajudando-o também a aprender a representar ideias de uma maneira gráfica;
- como suporte à avaliação formativa;
- como instrumento de apoio durante a exposição de um conteúdo;
- como meio diagramático de esclarecer, ou descrever, ideias que as pessoas têm sobre um determinado assunto;
- etc.

Um MC vai muito além de um esquema convencional desenhado ad-hoc, informalmente; ele tem uma semântica precisa que pode ser descrita formalmente por um grafo que é constituído por nós, onde se inscrevem os conceitos (substantivos no singular), e ramos (ligações), que representam as relações (verbos transitivos) entre conceitos². Assim, o MC pode ser lido caminhado no grafo e formando proposições numa linguagem explícita e concisa. De igual modo, também as frases da nossa linguagem comum podem facilmente ser traduzidas para o MC; por exemplo, na frase *squash é um desporto*, “*squash*” e “*desporto*” são dois conceitos ligados através de um relacionamento “*é-um*”. O mapa de conceitos que representa esta frase é o mais simples possível, sendo constituído por dois nós conectados por uma ligação, conforme se pode ver na Figura 1. Estes relacionamentos são nominativos, ou seja, cada relacionamento entre dois conceitos forma uma proposição.

Já a Figura 2 ilustra um caso bem mais complexo, com mais de 2 dezenas de nós e cerca de 10 relações; trata-se de um mapa de conceitos concreto que pretende descrever o que é um MC. O termo *Mapa de Conceitos* é o nó de topo, ou inicial, do mapa apresentado, sendo caracterizado à custa do conceito

² Estas ligações cruzadas ajudam-nos a percebermos como alguns domínios de conhecimento se relacionam entre si.

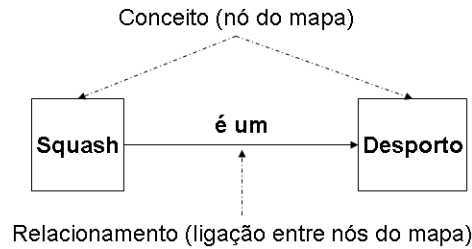


Fig. 1. Exemplo de um Mapa de Conceitos simples.

Conhecimento no contexto do *Ensino* e da *Aprendizagem*, o qual se exprime em termos de mais 3 conceitos: *Conceito*, *Proposição* e *Contexto*.

Ao construir um MC há total liberdade para a escolha do tipo de relações que se quer mostrar a ligar os conceitos. Contudo uma das relações sempre presente, e que é fundamental, é a relação *é-um* que permite criar uma hierarquia, com conceitos mais gerais e inclusivos no topo do mapa e os mais específicos, portanto, os conceitos menos gerais, dispostos hierarquicamente por baixo. Esta relação cria a noção de *inclusão de classes*, ou seja de *subclasse* (à frente designada por *instância*) e *classe*. No MC da Figura 2 podem ver-se 7 ocorrências desta relação.

Outra relação que é vulgar adicionar aos MC é a relação *é-exemplo-de* que permite introduzir exemplos específicos de acontecimentos ou objectos para ajudar a clarificar o significado de um determinado conceito. Uma vez mais a Figura 2 pode ser usada como referência pois contém 2 instâncias desta relação para ilustrar os conceitos *Acontecimento* e *Objecto*.

Em resumo, MC são instrumentos capitais para o professor programar uma disciplina, para recolher os materiais didácticos de apoio e para preparar cada aula. São também importantes para o aluno entender os objectivos da aula e aferir os conhecimentos adquiridos; segundo vários autores, a avaliação é precisamente um processo de comparação entre mapas de conceitos: o proposto pelo professor e o construído pelo aluno.

3 Topic Maps

Paralelamente à criação e aplicação de MC no âmbito das Ciências da Educação, surgiu muito mais recentemente no seio das Ciências da Informação um outro instrumento de representação do conhecimento designado por Topic Maps (TM). Os TM surgem num contexto onde a comunidade informática e arquivística (ligada às ciências documentais) estava preocupada com a modelação e manipulação do conhecimento envolvido em sistemas de informação com recursos variados e heterogéneos, tendo necessidade de criar e manusear índices sobre essas várias fontes.

Diferentes abordagens podem ser seguidas para conseguir a integração de recursos heterogéneos de informação, porém o problema principal será conquistar a interoperabilidade semântica entre as fontes, garantindo a manipulação do

conjunto sem forçar a conversão das partes em um formato único, como é o caso da interoperabilidade sintáctica.

Historicamente, o paradigma Topic Maps (uniformizado universalmente através da norma ISO 13250 [3]) foi definido para facilitar a fusão de diferentes esquemas de índices. Um formato comum para a anotação, usado para a indexação, é um passo crucial em direcção ao objectivo da interoperabilidade entre esquemas de índices. O que é necessário ainda é a interoperabilidade semântica. Enquanto que a especificação Topic Maps garante interoperabilidade sintáctica, ontologias provém interoperabilidade semântica. Uma ontologia é uma especificação, ou formalização, de um determinado universo de discurso (universo de conhecimento) [6]; alternativamente, uma ontologia pode ser entendida como uma teoria lógica que fornece uma explicação de uma conceptualização (um conjunto de conceitos e suas relações entre si), projectada para ser compartilhada por diversos agentes com vários objectivos [7]. Se forem construídos a partir de uma ontologia válida, os Topic Maps oferecem, às aplicações que os usam, interoperabilidade semântica entre os vários recursos descrito por cada topic map.

TM é um formalismo para representar conhecimento acerca da estrutura de um conjunto de recursos de informação, organizando-o em *tópicos*. Esses tópicos têm ocorrências em recursos de informação e associações que representam e definem os relacionamentos entre os tópicos. A informação sobre os tópicos pode ser inferida ao examinar as associações e ocorrências ligadas ao tópico. Desta forma, um *topic maps* fornece-nos um ponto de vista sobre uma colecção de recursos [14], disponibilizando conhecimento sobre determinado assunto organizado formalmente por tópicos que se ligam entre si e às partes relevantes dessas fontes de informação.

Um mapa de tópicos expressa a opinião de alguém sobre o que os tópicos são, e quais as partes do conjunto de informação que são relevantes para cada tópico. *Charles Goldfarb* (o pai das linguagens de anotação) geralmente compara topic maps com GPS (*Global Positioning System*) aplicado ao universo da informação [5]. Falar sobre Topic Maps é falar sobre estrutura de conhecimento.

Formado na sua essência por um conjunto restrito e muito intuitivo de conceitos—*tópico, associação, papel, ocorrência*—o TM tem uma característica muito importante: *permitindo criar um mapa virtual da informação, o TM mantém as fontes na sua forma original, sem modificação*. Então, o mesmo recurso de informação pode ser usado de diferentes formas, por diferentes mapas de tópicos, conquistando-se assim, facilmente, a *reutilização* dos recursos de informação.

Introduzida a definição e os ingredientes que compõem um TM, há necessidade de encontrar uma notação precisa e universal para o descrever. Conforme será defendido em [9], há de momento várias alternativas plausíveis, tais como XTM – XML Topic Maps [15], HyTM [10], AsTMa= [2], ou LTM [4]. Destas só a XTM é um standard (as outras foram criadas por distintos fabricantes para os seus sistemas específicos). Por isso e pelos vários argumentos apresentados na próxima subsecção, essa tem sido a sintaxe adoptada noutros e neste projecto.

3.1 XML Topic Maps

Como a maioria das vezes os recursos de informação acima referidos estão anotados em XML, é fácil verificar que os Topic Maps podem também ser expressos usando XML, retirando-se daí inúmeras vantagens. Para isto, um grupo de investigadores, liderados por Steve Pepper e Graham Moore, definiu a linguagem XTM, *XML Topic Maps*, criando o *TopicMaps.org*. *TopicMaps.Org*³ é uma associação independente, formada por vários grupos de pesquisa nesta área, para desenvolver e divulgar a linguagem e procurar a sua aplicabilidade à Internet, tirando partido das características da família de especificação XML. Assim surgiu, portanto, XTM como linguagem XML para descrição, manipulação e intercâmbio de Topic Maps, onde diferentes *elementos* são usados para representar tópicos, ocorrências de tópicos, e associações entre os tópicos, conforme a sintaxe estabelecida formalmente por um DTD [16]. Abaixo mostra-se o esqueleto de um possível documento XTM:

```
1 <topicMap xmlns="http://www.topicmaps.org/xtm/1.0/"
2   xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink">
3   <topic id="id-topic">
4     ...
5   </topic>
6   ...
7   <association>
8     ...
9   </association>
10 </topicMap>
```

A validação sintáctica de um topic map, escrito no formato XTM, é realizada por um qualquer parser XML porque a sua estrutura é regulada por um DTD (definido, como se disse acima, no documento oficial [16]). Esta definição cria um dialecto XML que contempla todos os conceitos estabelecidos na norma Topic Maps [3].

4 Mapas de Conceitos em Topic Maps

A semelhança entre um mapa de conceitos e uma ontologia e o facto de os Topic Maps estarem, actualmente, a ser usados para exprimir ontologias (conforme se afirmou na secção anterior), levou-nos a pensar em *usar TM para mostrar e explorar MC na Internet*.

Para fazer a transposição de Mapas de Conceitos (apresentados na secção 2) para Topic Maps (introduzidos na Secção 3), usando a sintaxe XTM (também discutida na Secção anterior, ver 3.1), procedemos de modo sistemático como se vai explicar através da apresentação de um Caso de Estudo (CE): *Topic Map para representar o Mapa de Conceitos de uma disciplina de Introdução à Informática*.

O CE escolhido está associado a um projecto, no contexto concreto da disciplina de Introdução à Informática de uma licenciatura em Ciências Sociais, que nasceu da necessidade de criar um sítio WWW moderno para apoio eficiente e eficaz ao ensino presencial tradicional. Pretendia-se usar a clássica “*página WWW*

³ <http://www.topicmaps.org>

da disciplina” (elaborada para satisfazer os requisitos oficiais⁴ do “Dossier de Disciplina”) de modo a construir esse suplemento educativo com suporte na Web. O novo sítio seguirá integralmente, em termos de interface e funcionalidade, o actualmente existente⁵ apenas diferindo do actual pelo facto de vir a ser gerado dinamicamente a partir de uma base de dados com toda a informação sobre a disciplina. Nesse âmbito, decidiu-se integrar no sítio um mapa de conceitos descrevendo o conteúdo curricular da disciplina. Para isso necessitávamos de um visualizador que permitisse navegar sobre o mapa e, a partir dele, aceder aos recursos de informação disponibilizados para suportar o dito conteúdo curricular.

4.1 Caso de Estudo

Para criar o *Topic Map para representar o Mapa de Conceitos de uma disciplina de Introdução à Informática*, o primeiro passo consistiu na análise paralela do mapa de conceitos fornecido⁶ e do esquema da sintaxe XTM a usar.

Depois, procedeu-se metodicamente a um processo de produção formado por 4 etapas, que se discutem a seguir:

1. escolha da raiz (ou símbolo inicial) do TM;
2. definição de todos os tópicos que correspondem aos conceitos do MC dado;
3. definição de todos os tópicos necessários (papéis e tipos de associações) para depois explicitar as associações que correspondem às relações do MC dado;
4. definição das ocorrências dos tópicos que ligam os conceitos do MC aos recursos de informação disponíveis⁷.

Para começar, o conceito principal (no topo da hierarquia), IIPCS – *Introdução à Informática para as Ciências Sociais*, que se pretende caracterizar com o MC dado, foi representado como raiz do Topic Map (identificador `first`); esse será o tópico inicial que irá aparecer como título da Página de Entrada, e em destaque, no navegador que vai ser gerado. Dá-se então início ao documento XTM da seguinte forma:

```
1 |<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 |<!DOCTYPE topicMap SYSTEM "xtm1.dtd">
3 |<topicMap id="first" xmlns="http://www.topicmaps.org/xtm/1.0/"
4 |   xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink">
5 |   <topic id="IIPCS">
6 |     <subjectIdentity>
7 |       <subjectIndicatorRef xlink:href="#first"/>
8 |     </subjectIdentity>
9 |     <baseName>
10 |       <baseNameString>Introdução à Informática para Ciências Sociais</baseNameString>
11 |     </baseName>
12 |   </topic>
13 |   .....
14 |</topicMap>
```

⁴ Há vários anos em vigor na Universidade do Minho.

⁵ Acessível em www.di.uminho.pt/prh/IIA04/.

⁶ Na forma de um grafo desenhado em Visio, ocupando 5 páginas A4 cheias.

⁷ A ordem entre esta 4^a e a 3^a fases é arbitrária.

De seguida entra-se na 2ª fase: definição dos tópicos. Para isso percorremos o MC para identificar todos os conceitos e analisar as relações entre cada um e seus adjacentes, pois já nesta fase é preciso verificar qual o tipo da relação que existe. Se um tópico é pai de outro—noção de classe/subclasse criada pela relação *é-um*—o tópico filho terá de ser introduzido como *instância* do outro, conforme se ilustra abaixo com o tópico **unidade1**, *Processamento de Documentos*, que *é-um* tópico **unidade**, *Unidade Lectiva*.

Note-se que neste caso particular da relação hierárquica entre conceitos, não se usa uma associação para a materializar, mas sim recorrer-se ao elemento `instanceOf`.

```
1 <topic id="unidade1">
2   <instanceOf>
3     <topicRef xlink:href="#unidade"/>
4   </instanceOf>
5   <baseName>
6     <baseNameString>Processamento de Documentos</baseNameString>
7   </baseName>
8 </topic>
9 <topic id="unidade">
10  <baseName>
11    <baseNameString>Unidade Lectiva</baseNameString>
12  </baseName>
13 </topic>
```

Para todos os tópicos que não sejam subclasse de outro (não tenham pai), como é o caso do tópico **unidade**, apenas se define o seu identificador único, através do atributo `id` do elemento `topic` e o respectivo `basename` que contem a *string* que será visualizada no Web Browser; tal como **unidade**, os tópicos **documento** e **computador**, definidos abaixo, ilustram esta situação:

```
1 <topic id="documento">
2   <baseName>
3     <baseNameString>Documento</baseNameString>
4   </baseName>
5 </topic>
6 <topic id="computador">
7   <baseName>
8     <baseNameString>Computador</baseNameString>
9   </baseName>
10 </topic>
11
```

Quando todos os conceitos estiverem representados por tópicos, passa-se à 3ª fase: definição das associações. Agora procede-se em 3 passos:

1. primeiro definem-se os tópicos correspondentes aos papéis de cada elemento de uma associação;
2. depois definem-se os tópicos que correspondem aos tipos de associações que vão ser usadas;
3. por fim declaram-se as associações como instâncias dos tópicos anteriores

Suponha-se, então, que o tópico **unidade1**, *Processamento de Documentos*, envolve dois outros tópicos, **computador** e **documento** definidos acima, e fixemo-nos na relação que une estes dois últimos.

Para definir a associação *é-processado*, que liga o tópico *documento* ao tópico *computador*, começamos por identificar os papéis de cada um dos membros: *processado* desempenhado por *documento*; e *processa* desempenhado por *computador*. Os papéis também são vistos como tópicos, e assim sendo terão também de ser definidos.

```
1 <topic id="processado">
2   <baseName>
3     <baseNameString>é processado por</baseNameString>
4   </baseName>
5 </topic>
6
7 <topic id="processa">
8   <baseName>
9     <baseNameString>processa</baseNameString>
10  </baseName>
11 </topic>
```

O tipo que caracteriza a associação em causa será designado por *assoc_doc_comp* e, visto que também é um tópico, tem de ser igualmente definido:

```
1 <topic id="assoc_doc_comp">
2   <baseName>
3     <baseNameString>
4       Associação entre documento e computador
5     </baseNameString>
6   </baseName>
7   <baseName>
8     <scope>
9       <topicRef xlink:href="#processado"/>
10    </scope>
11    <baseNameString>é processado por</baseNameString>
12  </baseName>
13  <baseName>
14    <scope>
15      <topicRef xlink:href="#processa"/>
16    </scope>
17    <baseNameString>processa</baseNameString>
18  </baseName>
19 </topic>
```

Agora é, finalmente, possível introduzir a associação *é-processado* como instância do tipo *assoc_doc_comp* anterior:

```
1 <association>
2   <instanceOf>
3     <topicRef xlink:href="#assoc_doc_comp"/>
4   </instanceOf>
5   <member>
6     <roleSpec>
7       <topicRef xlink:href="#processado"/>
8     </roleSpec>
9     <topicRef xlink:href="#documento"/>
10  </member>
11  <member>
12    <roleSpec>
13      <topicRef xlink:href="#processa"/>
14    </roleSpec>
15    <topicRef xlink:href="#computador"/>
16  </member>
17 </association>
```

Por fim, definem-se as ocorrências dos tópicos, realizando-se assim a 4ª etapa que colmata o processo. Esta etapa é fundamental visto que serão estas definições que vão permitir, mais tarde a nível do navegador produzido, aceder aos recursos de informação a partir dos conceitos representados no mapa.

Porém, para concretizar esta tarefa é necessário mais um cuidado: é preciso criar um novo tópico por cada tipo de recurso que se queira usar como ocorrência.

No CE em apreço, os recursos que se utilizaram foram todos documentos em HTML (na íntegra, ou suas partes) pertencentes aos sumários e material de apoio disponibilizado, pela equipa docente, no sítio WWW da disciplina. Por esta razão, decidiu-se designar este tipo de fontes de informação por *URL*, sendo então necessário definir o tópico respectivo, `url`:

```
1 | <topic id="url">
2 |   <baseName>
3 |     <baseNameString>URL (Uniform Resource Locator)</baseNameString>
4 |   </baseName>
5 | </topic>
```

Agora a definição das ocorrências pode ser feita sem mais dificuldades, como se exemplifica abaixo para o caso do tópico `bit` que é conectado à respectiva entrada no documento `Dicionario.htm`⁸.

Note-se que esta definição de ocorrência é acrescentada à definição do tópico respectivo.

```
1 | <topic id="bit">
2 |   <baseName>
3 |     <baseNameString>Bit</baseNameString>
4 |   </baseName>
5 |   <occurrence>
6 |     <instanceOf>
7 |       <topicRef xlink:href="#url"/>
8 |     </instanceOf>
9 |     <resourceRef
10 |       xlink:href="http://www.di.uminho.pt/~gepl/IIA04/Dicionario/Dicionario.htm#bit"/>
11 |   </occurrence>
12 | </topic>
```

Seguindo esta linha sistemática de pensamento, construiu-se toda a especificação XTM que traduz o Mapa de Conceitos fornecido à partida para a disciplina de Introdução à Informática, tendo-se obtido uma descrição com 5360 linhas e um total de 353 tópicos, 122 associações e 55 ocorrências.

5 Geração do Navegador sobre o Mapa de Conceitos

Uma vez criada a especificação XTM é altura de gerar automaticamente o navegador pretendido (consoante se explicou na introdução ao caso de estudo, na secção anterior). Para o efeito usou-se, numa 1ª fase, o Omnigator—a escolha mais directa e óbvia. Contudo, para geração da solução final recorreu-se a uma

⁸ O qual contém uma definição sucinta para cada um dos conceitos básicos do conteúdo curricular da disciplina em causa.

outra ferramenta (criada no seio do nosso grupo de investigação⁹, o Ulisses, por razões que serão justificadas à frente.

Actualmente, o Ontopia Omnigator talvez seja o processador de XTM mais difundido para manipular Topic Maps. O Omnigator é uma aplicação que permite carregar e navegar sobre qualquer topic map, usando um browser para a Web. O objectivo do desenvolvimento do Omnigator foi incentivar o uso de Topic Maps, ensinando os princípios básicos do paradigma.

O Omnigator faz parte do Ontopia Knowledge Suite (OKS) [12]. Isto implica que algumas funcionalidades do Omnigator foram projectadas para trabalhar em conjunto com outras ferramentas, tais como o Ontopia Navigator Framework. Contudo o Omnigator é o único módulo integrante do OKS fornecido livremente¹⁰; os demais módulos devem ser adquiridos.

Apesar deste inconveniente comercial, o Omnigator é considerado uma ferramenta completa e eficiente, que produz um navegador com uma interface muito agradável e simples de manusear. Contudo, o Omnigator é um interpretador—processa o topic map quando carrega a especificação XTM indicada—o que requer a sua presença na máquina do utilizador final, ou então o recurso a um servidor que terá de estar activo numa determinada máquina.

Por esta razão constata-se, na prática, que é uma óptima solução para a fase de desenvolvimento, quando o topic map está constantemente a ser alterado¹¹. Nessa fase, a navegação proporcionada pelo Omnigator pode ser utilizada para certas verificações, como por exemplo, a correcção dos nomes dos tópicos e dos seus contextos. Porém, numa situação de produção, em que o topic map está estável, é preferível usar uma solução em que o visualizador possa ser aberto por qualquer *browser* sem requerer a presença do processador.

Foi precisamente este requisito que nos levou a usar o Ulisses que, sendo comparável a um compilador, gera um conjunto de páginas HTML estáticas. Assim, o Ulisses é invocado uma vez (pela equipa responsável pelo desenvolvimento do navegador) e o resultado¹² permite efectuar navegações com qualquer browser que o utilizador final escolha.

O Ulisses [8] é um gerador de navegadores conceptuais desenvolvido no contexto do *Metamorphosis*¹³, mas que pode ser usado isoladamente (tal como sucede com o Omnigator, como acima explicado). O *Metamorphosis* é formado por um conjunto de linguagens de especificação e ferramentas que permitem criar uma interface para integração de informação oriunda de diversas fontes, através do uso de uma ontologia que será representada em Topic Maps. A partir da descrição das fontes heterogéneas de informação e da especificação da ontologia, uma das ferramentas extrai automaticamente o respectivo topic map. Depois de guardado (no formato de um documento XTM, ou numa base de dados)

⁹ Ver <http://www.di.uminho.pt/gepl/>

¹⁰ Disponível em: <http://www.ontopia.net/omnigator/models/index.jsp>

¹¹ como ele interpreta a especificação na hora em que o serviço é requisitado, qualquer alteração que tenha sido produzida no ficheiro XTM é logo reflectida no visualizador.

¹² Experimentável em <http://www.di.uminho.pt/gepl/IIpCS/>.

¹³ Descrição completa e detalhada em: <http://www.di.uminho.pt/gepl/metamorphosis>.

este topic map será validado sintática e semanticamente (face a um conjunto de restrições especificadas numa linguagem apropriada) por uma segunda ferramenta. Por fim, a componente Ulisses gera, a partir da descrição XTM válida, uma interface Web para manipular o topic map extraído.

Como se disse, o Ulisses não se limita ao contexto do *Metamorphosis*; isto significa que ele não está restrito aos topic maps obtidos através do processo de extracção ocorrido no *Metamorphosis*.

Assim, o Ulisses é visto como um gerador de *sítios Web* completos (em HTML com algumas componentes em Javascript), desenvolvido em XSL e usando, para esse propósito, qualquer topic map que siga a sintaxe XTM. Apesar do seu processo sistemático de transformação, através de um processador standard de XSLT, o Ulisses oferece opções que permitem rápidas modificações em todo o website, como por exemplo, alterações em termos de layout (cores e tamanho das fontes), comentários a serem inseridos nas páginas criadas e a inserção de imagens.

Usando a especificação XTM, que se obteve conforme descrito na secção anterior (ver 4.1, o gerador Ulisses produziu automaticamente e com eficiência o conjunto de páginas HTML que formam o visualizador pretendido para o Mapa de Conceitos do caso de estudo descrito. As páginas geradas propiciam, em qualquer browser da Web, uma navegação conceptual fácil através dos conceitos apresentados e dos recursos ligados. Na Figura 3 vê-se uma das páginas desse navegador.

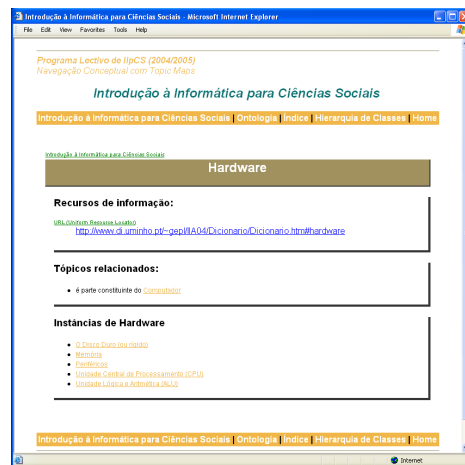


Fig. 3. Uma página do navegador gerado pelo Ulisses, apresentando o conceito "Hardware".

A página ilustrada pela Figura 3 diz respeito ao conceito *Hardware* apresentando, por baixo do tópico, os três grupos de elementos principais que o caracterizam:

- as ocorrências, neste caso apenas um recurso de informação acessível através do URL indicado;
- tópicos associados (por coincidência também só um), indicando o seu (*Hardware*) papel de actuação em relação ao outro tópico;
- e as suas instâncias, neste caso cinco.

Ainda se encontra, na parte superior da página, referência ao tópico do qual *Hardware* é uma instância. Qualquer tópico referenciado permite aceder directamente à sua própria definição (página com a mesma estrutura desta).

Para além desta informação, específica do nosso Mapa de Conceitos particular, qualquer página criada pelo Ulisses inclui navegadores genéricos que permitem aceder: à Página Principal do navegador; à Ontologia implícita no topic maps (sendo ainda disponibilizadas várias opções de consulta); a um índice alfabético de todos os tópicos; e à visualização gráfica do topic map (neste caso coincidiria com o Mapa de Conceitos).

6 Conclusão

Com o intuito de apetrechar um sítio WWW dinâmico de apoio a uma disciplina de Introdução à Informática com a descrição do seu conteúdo curricular feita através de um Mapa de Conceitos, decidimos lançar mão aos Topic Maps e às tecnologias associadas associadas ao seu processamento.

Para isso, estudámos com cuidado a própria definição de MC (bem semelhante à noção de ontologia), analisámos a informação nele contida e identificámos os objectivos que se pretendem atingir ao associar tal instrumento ao dossier de uma disciplina.

Confrontando os resultados dessa análise com o conceito de TM (actualmente em voga para descrever ontologias) e com a funcionalidade disponível, concluímos que o caminho a seguir, na prossecução do intuito didático acima exposto, passaria pelo uso de norma XTM para descrever o MC criado.

Procurámos então sistematizar a tarefa de transcrição dos conceitos e relações do MC para tópicos e associações do TM, como única via para obter rapidamente, com segurança e sem grande custo, a descrição completa do mapa de conceitos da Introdução à Informática, fornecido esquematicamente (na forma de um grafo).

Uma vez obtida a especificação XTM, recorremos a ferramentas com que tínhamos grande familiaridade, nomeadamente o Omnigator e o Ulisses, para construir mecanicamente o navegador Web pretendido.

Os resultados, alcançados em metade do tempo previsto, mostram o sucesso da solução tecnológica.

O impacto pedagógico da ideia e a exploração de caminhos diversos de utilização deste objecto de ensino na sala de aula, constituem o trabalho futuro.

References

1. David P. Ausubel. *Educational Psychology, A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc, 1968.

2. Robert Barta. AsTMa= Language Definition. Bond University, TR., 2004. <http://astma.it.bond.edu.au/astma=-spec-xtm.dbk>.
3. Michel Biezunsky, Martin Bryan, and Steve Newcomb. ISO/IEC 13250 - Topic Maps. ISO/IEC JTC 1/SC34, December, 1999. <http://www.y12.doe.gov/sgml/sc34/document/0129.pdf>.
4. Lars Marius Garshol. LTM – The Linear Topic Map Notation. Ontopia, 2002. <http://www.ontopia.net/topicmaps/ltm.html>.
5. Charles F. Goldfarb and Paul Prescod. *XML Handbook*. Prentice Hall, 4th edition, 2001.
6. Thomas R. Gruber. Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. In N. Guarino and R. Poli, editors, *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, Deventer, The Netherlands, 1993. Kluwer Academic Publishers.
7. Nicola Guarino and P. Giaretta. Ontologies and Knowledge Bases: Towards a Terminological Clarification. In N. Mars, editor, *Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing*, pages 25–32. Ed. Amsterdam: ISO Press, 1995.
8. Giovanni R. Librelotto, José C. Ramalho, and Pedro R. Henriques. Ontology driven Websites with Topic Maps. In *The International Conference on Web Engineering*, Oviedo, Spain, 2003.
9. Giovanni Rubert Librelotto. *XML Topic Maps: da Sintaxe à Semântica*. PhD thesis, Departamento de Informática, Universidade do Minho, 2005. A ser publicado em breve.
10. Steven R. Newcomb, Michel Biezunski, and Martin Bryan. The HyTime Topic Maps (HyTM) Syntax 1.0. ISO/IEC JTC 1/SC34 N0391, 2003. <http://www.jtc1sc34.org/repository/0391.htm>.
11. Joseph D. Novak. *A Theory of education*. Ithaca, N.Y., Cornell. University Press, 1977.
12. Ontopia. The Ontopia Knowledge Suite. <http://www.ontopia.net/solutions/products.html>, February, 2004.
13. José Augusto Pacheco, Maria Palmira Alvez, Maria Assunção Flores, João M. Paraskeva, José Carlos Morgado, Ana Maria Silva, and Isabel Carvalho Serra. *Componentes do Processo de Desenvolvimento do Currículo*. Coleção Minho Universitária, Livraria Minho, 1999.
14. Steve Pepper. The TAO of Topic Maps - finding the way in the age of infoglut. Ontopia, 2000. <http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/tao.html>.
15. Steve Pepper and Graham Moore. XML Topic Maps (XTM) 1.0. TopicMaps.Org Specification, August, 2001. <http://www.topicmaps.org/xtm/1.0/>.
16. Steve Pepper and Graham Moore. XML Topic Maps (XTM) 1.0 - Annex D: XTM 1.0 Document Type Declaration (Normative). TopicMaps.Org Specification, August, 2001. <http://www.topicmaps.org/xtm/1.0/#dtd>.