

Rumo ao Uso de Metadados Educacionais em Sistemas de Recomendação

Tiago Thompsen Primo¹, Rosa Maria Vicari¹, Julia Marques Carvalho da Silva¹

¹Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brazil

{ttprimo,rosa}@inf.ufrgs.br, julia.silva@bento.ifrs.edu.br

Abstract. *This paper presents a model to recommend educational material described with metadata. In order to make it work, we propose a pattern to describe user profiles to provide interoperability among educational platforms and cognitive learning aspects. We also present instructions to describe educational material as ontological individuals. The proposed model aims to be used with semantic web technologies and traditional recommender system algorithms.*

Resumo. *Este trabalho apresenta um modelo para a recomendação de conteúdos educacionais descritos através de metadados. Para seu funcionamento é apresentada a proposta para descrição de perfis de usuários que possibilitem interoperabilidade entre aplicações educacionais e aspectos cognitivos de aprendizado. Também é apresentado como podem ser descritos conteúdos educacionais de forma a associa-los como indivíduos de ontologias. O modelo proposto visa ser utilizado em conjunto as tecnologias da Web Semântica e aos tradicionais algoritmos de recomendação.*

1. Introdução

É crescente o volume de informações disponibilizadas diariamente na Internet. De acordo com a *Internet World Stats*¹ dos anos 2000 até 2009 o taxa de crescimento foi de 380% e o número de domínios alcançou segundo a *internet Systems Consortium*² a quantia de 730 milhões em janeiro de 2010.

Parte de tamanha sobrecarga também é composta pelo domínio educacional. Dentre seus conteúdos pode-se destacar apresentações, artigos, jogos educacionais entre outros materiais que visam auxiliar no processo de aprendizado. Considerando isto, a tarefa de encontrar e sugerir algum conteúdo educacional que seja relevante e adequado as características de cada usuário é contexto ao qual este trabalho engloba.

Sugerir conteúdos dentre infinitas possibilidades vem sendo tratado com a utilização de Sistemas de Recomendação (SR). Ferramentas que utilizam dos seus métodos vem sendo amplamente utilizados em domínios de entretenimento com significativo sucesso. Seja para sugerir filmes [Miller et al. 2003] ou produtos em *web-sites* de comércio eletrônico [Leino and Rähkä 2007]. SR auxiliam no processo de indicar ou receber indicação de “coisas” que porventura possam ser úteis para um usuário ou grupo de usuários. [Resnick and Varian 1997].

¹<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

²<http://ftp.isc.org/www/survey/reports/current/>

Dito isto, é possível inferir que sistemas educacionais que utilizem suas técnicas poderiam trazer benefícios a alunos de diferentes cursos e níveis desde que tomadas algumas precauções. Parte-se desta premissa, pois acredita-se que receber a má sugestão de filme pode vir a ser menos “doloroso” para um usuário do que receber a sugestão de algum conteúdo educacional que de alguma maneira o desmotive.

Considerando a utilização de SR em domínios educacionais, defende-se que sejam considerados aspectos relacionados a requisitos pedagógicos, cognitivos e culturais. Algo até então não observado na literatura pesquisada.

Tradicionalmente os SR são divididos em três abordagens [Adomavicius and Tuzhilin 2005]. A Filtragem Colaborativa (FC) que realiza o processo de recomendação considerando a similaridade entre os usuários; Filtragem Baseada em Conteúdo (FBC) que busca a similaridade entre os objetos a serem recomendados com o histórico de cada usuário; Abordagem Híbrida que busca através de técnicas específicas mesclar FBC e FC [Burke 2007].

A principal característica de tais abordagens é a utilização de funções de similaridade associadas a métodos estatísticos para seu funcionamento, não considerando aspectos intrínsecos de seus usuários como, por exemplo, sua facilidade em compreender conteúdos educacionais expressos através de diagramas ou imagens.

Tais aspectos que permitem tal delimitação de conteúdos, tradicionalmente, compõem o conhecimento tácito de professores ou tutores, os quais, através de sua experiência adaptam suas sugestões de conteúdos de forma a auxiliar seus alunos a compreender determinados conteúdos. Prover meios para que o raciocínio computacional contemple tais aspectos no momento de sugerir conteúdos educacionais é um dos desafios deste trabalho.

A inserção de tais aspectos de maneira a permitir seu uso computacional vem através da descrição das características através de metadados³ que contemplem informações que possibilitem delimitar os conteúdos educacionais adequados a cada tipo de aluno.

Dentre a literatura de metadados educacionais, iniciativas como IEEE LOM [IEEE 2002] e Dublin Core [Powell et al. 2005] provém conjuntos de metadados que generalizam a descrição de conteúdos educacionais permitindo considerar aspectos que permitem realizar determinadas inferências sobre sua descrição. Por exemplo: Caso o metadado *Interactivity Type* esteja preenchido com o valor “material de áudio” e o usuário possuir problemas auditivos acredita-se que este conteúdo educacional não seja apropriado para ele.

Tais padrões, embora amplamente conhecidos no domínio educacional, não contemplam de maneira apropriada aspectos relacionados ao contexto educacional brasileiro. Considerando isto, foi optado pela utilização do conjunto de metadados do projeto OBAA⁴. Outro motivo desta escolha é pelo fato dos autores terem sólido conhecimento deste padrão, dado que são membros de seu grupo de desenvolvimento. Detalhes mais aprofun-

³O item de um metadado auxilia um computador na compreensão do referido dado. Ex: (metadado)EstiloCognitivo = (dado)'Visual'

⁴<http://www.portalobaa.org>

dados sobre os padrão OBAA pode ser vistos também em [Bez et al. 2009].

Considerando isto, neste trabalho será proposto um modelo de recomendação que possa ser utilizado em conjunto à ambientes educacionais como complemento aos tradicionais métodos de recomendação já existentes, não descartando as pesquisa realizadas até então. Esta espécie de pós-processamento, na visão dos autores, delimita aspectos que devem ser considerados quando SR partem de ambientes de entretenimento para educacionais.

Outra contribuição que pode ser mencionada é relacionada a utilização das tecnologias da Web Semântica. O modelo proposto visa adequação a tais padrões de forma a permitir a sugestão de conteúdos presentes em outros sistemas de ensino, compartilhamento de perfis de alunos e ontologias de domínio.

De maneira a expor a contribuição deste artigo começamos apresentando os trabalhos relacionados a utilização de SR na área da educação, uma revisão bibliográfica sobre SR, Metadados Educacionais e Web Semântica, o padrão de metadados OBAA com suas principais características, a Proposta de Recomendação que apresenta o modelo proposto a lidar com o objetivo apresentado e finalizamos com as Conclusões e Rumos de Pesquisa.

2. Trabalhos Relacionados

A utilização de SR em sistemas educacionais não é novidade. [Zaïne 2002] propõem um agente de recomendação que modela representações do perfil de seus usuários através do uso de técnicas de mineração sobre o histórico de acesso dos mesmos. A partir desta representação o agente realiza recomendações baseado no que usuários com históricos semelhantes fizeram em determinada atividade didática.

[Zhu et al. 2007] apresentam um sistema de recomendação para ambientes educacionais baseado em agentes e pacotes SCORM. O processo de recomendação visa auxiliar no processo de aprendizado sugerindo conteúdos que possam ser úteis para a realização de alguma atividade didática.

[Zhuhadar et al. 2009] realizam o processo de recomendação baseados em buscas de conteúdos educacionais realizadas por usuários. O perfil de seus usuários considera áreas de conhecimento associadas a estes de maneira a comparar com as áreas dos conteúdos educacionais possibilitando o processo de recomendação. Para o descrição destas áreas eles propõem a utilização de ontologias.

O trabalho de [García et al. 2009] apresenta um *framework* para recomendar alternativas que auxiliem professores a prover alternativas didáticas que auxiliem seus alunos na resolução de tarefas propostas em sala de aula. Para isto, é baseado em métodos de FC apoiados a regras de associação extraídas automaticamente através de técnicas de mineração de dados dos históricos de ações no sistema.

Apesar de serem efetivos em sua capacidade de realizar a recomendação de conteúdos educacionais, tais sistemas não consideram:

1. Aspectos relacionados a aptidões cognitivas dos usuários.
2. Reuso das informações de seus usuários. É necessário que cada usuário informe ou realize conjuntos de ações que permitam delimitar seus gostos.
3. Reuso de conteúdos educacionais. Os conteúdos educacionais estão restritos ao domínio da aplicação.

Dentre os aspectos enumerados, neste trabalho buscam-se as seguintes alternativas: Para o aspecto **1**, considera-se o uso do padrão OBAA que prevê a descrição de aspectos cognitivos de ensino na criação de conteúdos educacionais. Para o aspecto **2** é prevista a utilização de tecnologias provenientes da Web Semântica, como por exemplo, o uso do padrão FOAF sendo proposta a extensão de seu vocabulário sem a perda de compatibilidade. Para o aspecto **3** é previsto que o modelo utilize repositórios existentes de conteúdos educacionais descritos por metadados. Este uso, elimina a necessidade de criar do zero todo o material de ensino.

3. Referencial Técnico e Teórico

3.1. Sistemas de Recomendação

Segundo [Resnick and Varian 1997] um Sistema de Recomendação tem por finalidade auxiliar no processo social de indicar ou receber indicação. A recomendação pode ser referente a qualquer “coisa” que venha auxiliar ao usuário ou grupo de usuários.

[Adomavicius and Tuzhilin 2005] descreve o processo de recomendação de acordo com a equação 1 :

$$\forall u \in U, o'_u = \operatorname{argmax}_f(u, o), s \in S \quad (1)$$

Onde U , representa um conjunto de usuários, O , o conjunto de objetos a serem recomendados (ambos podem ser compostos por milhares de usuários e milhares de objetos a serem recomendados) alguma função de utilidade f que mede o quão útil um objeto o pode ser a um usuário u temos por exemplo: $U \times O \rightarrow R$, onde R é um conjunto totalmente ordenado de objetos. Desta forma, para cada usuário $u \in U$ escolhe-se o objeto $o' \in O$ que maximize a função de utilidade de um usuário.

De maneira geral, a função de utilidade é representada por uma avaliação que represente o quanto determinado usuário qualifica o item recomendado. Por exemplo, o filme Matrix foi avaliado por um usuário com a **nota 8** em um escala entre 1 à 10.

3.2. Metadados Educacionais

Metadados⁵ são utilizados como forma de facilitar a compreensão computacional sobre determinado objeto. Seu uso tem se tornado comum em aplicações que são voltadas a *Web Semântica* [Shadbolt et al. 2006]. No contexto educacional, os metadados descrevem informações referentes a processos de aprendizagem, características recomendadas para o acesso de conteúdos educacionais, entre outros aspectos.

Tais informações podem, por exemplo, auxiliar mecanismos inteligentes no processo de sugestão de conteúdos educacionais a pessoas com necessidades especiais. Alguns exemplos de iniciativas relacionadas a definição de metadados educacionais são:

- **IEEE LOM:** consiste em 76 elementos, organizados em nove categorias. Os elementos possuem sintaxes específicas que orientam o seu preenchimento. A especificação possibilita a identificação do recurso, controle de seu ciclo de vida e características pedagógicas. As categorias do IEEE LOM são: *general, lifecycle,*

⁵“Dados sobre dados” permitindo que estes se tornem inteligíveis por computador

meta-metadata, technical, educational, rights, relation, annotation e classification [IEEE 2002].

- **Dublin Core Metadata Element Set:** consiste em um vocabulário de quinze propriedades usadas para a descrição do recurso. É considerada como uma simplificação do IEEE LOM, pois contempla apenas os elementos mais utilizados pelos professores e desenvolvedores na prática. Os elementos da versão 1.1 são: *coverage, description, type, relation, source, subject, title, contributor, creator, publisher, rights, date, format, identifier e language* [Powell et al. 2005].
- **CanCore Learning Object Metadata:** baseia-se na especificação IEEE LOM, reduzindo a complexidade e ambiguidade dele, por exemplo, não fazendo uso da categoria *annotation* (em itálico ou traduza). Para os elementos do âmbito pedagógico, o CanCore considera a estrutura do ensino público do Canadá nos anos do primário, secundário e superior (em cursos presenciais e a distância) no Canadá [Friesen and McGreal 2005].
- **UK Learning Object Metadata Core (UK LOM Core):** baseia-se no IEEE LOM também. Ele foi otimizado para considerar a estrutura educacional do Reino Unido. O maior benefício dele é o aumento de incentivo para provedores de dados e serviços e a ampliação de vocabulários desenvolvidos exclusivamente para o contexto educacional local [Barker 2004].
- **OBAA:** combina a tecnologia de objetos de aprendizagem com sistemas multiagentes. Ainda, permite a descrição de objetos de aprendizagem baseados na web, TV digital interativa e dispositivos móveis. Para sua construção, ele se baseou nas especificações IEEE LOM, TV-Anytime e MPEG-7. Além das categorias do IEEE LOM, criou novos elementos para as categorias *technical e educational*. Além disto são propostas novas categorias como *accessibility e segmentinformationtable*. [Bez et al. 2009]

No contexto educacional, os padrões IEEE LOM e Dublin Core visam generalizar as descrições educacionais com o objetivo de delimitar as informações necessárias para descrever conteúdos educacionais. Os demais padrões geralmente derivam destes atribuindo ou refinando metadados de maneira a adapta-los a região que são adotados. Considerando isto, neste trabalho será feito o uso do padrão OBAA.

3.3. Web Semântica

A Web Semântica [Shadbolt et al. 2006] provém métodos e padrões que permitem dar significado ou “semântica” as informações que estão presentes na internet. Os benefícios disto são relacionados a utilização de agentes computacionais que possam autonomamente buscar informações através da inferência sobre seus conteúdos.

Dentre as tecnologias da Web Semântica destacam-se: RDF (utilizada para a descrição de recursos), RDF(s) e OWL, as duas ultimas além de permitir a descrição de recursos ampliam o vocabulário possibilitando sua descrição formal de conceitos, termos e relacionamentos de em um domínio de conhecimento. Tais tecnologias podem ser utilizadas em arquivos em formatos específicos ou inseridos em um arquivo no formato XML.

Muitas aplicações nos dias de hoje fazem uso de tais tecnologias. Considerá-las no presente modelo de recomendação pode vir a trazer resultados positivos para usuários de SR educacionais.

3.4. Padrão OBAA

Além das características que permitem a interoperabilidade entre plataformas de *hardware*, o padrão OBAA possui linhas de trabalho com pesquisas fortemente voltadas para o desenvolvimento de sistemas educacionais baseados em tecnologias de Inteligência Artificial.

Na prática, a independência de tecnologia e flexibilidade da proposta do OBAA é garantida pela definição de sintaxe em XML e da semântica usando uma ontologia OWL⁶ compatível com a Web Semântica.

A modelagem definida para o OBAA está de acordo com a linguagem OWL-DL⁷, o que permite uma expressividade suficiente para a sua aplicação no contexto destes metadados mantendo a completude computacional e decidibilidade.

4. Proposta de Recomendação

Devido ao caráter interdisciplinar desta proposta, a Figura 1 ilustra como os tópicos apresentados nas seções anteriores se complementam de maneira a dar funcionalidade ao modelo proposto.



Figura 1. Modelo de Recomendação

Desta forma, na Figura 1 são apresentadas as três principais áreas de pesquisa envolvidas: **SR Métodos** (Composto por um ou mais algoritmos), **Web Semântica** (Composto pelas tecnologias de descrição) e **Educação** (Composta por recomendações pedagógicas). Cada uma destas áreas se relaciona de maneira direcional quanto representam regras de um domínio, ou bi-direcional quando o modelo faz uso de seus métodos e técnicas de acordo com as requisições de uma **Aplicação Educacional**.

O presente trabalho se limita a dar ênfase aos requisitos principais para o funcionamento de um SR. Focando na descrição dos perfis de usuários e dos conteúdos educacionais.

4.1. Fluxo de Funcionamento

O modelo proposto é baseado no formalismo e na taxonomia de SRs propostos por [Adomavicius and Tuzhilin 2005]. A Figura 2 apresenta uma visão sobre o processo de recomendação e a etapa em que o presente trabalho se situa frente esta taxonomia.

⁶Web Ontology Language: <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>

⁷Do inglês *Description Logic* em tradução livre: Lógica Descritiva

Ainda tendo com base a Figura 2, a marcação de número **1** ilustra três métodos de recomendação (RBC, FC e Híbrido) junto aos requisitos mínimos para o seu funcionamento. Desta forma interpreta-se que o retângulo mais a esquerda (RBC) necessita para seu funcionamento no mínimo a comparação entre o perfil do usuário com o do perfil dos objetos para realizar alguma recomendação.

O presente modelo propõe o pós-processamento das recomendações realizadas por algum método tradicional de recomendação. Representado pela etapa marcada com o número **2**. Para seu funcionamento são necessários o conjunto de recomendações $o' \in O$ para algum usuário u e no mínimo dois conjuntos de metadados. O primeiro conjunto descreve o perfil do usuário u com as informações iu' . O segundo conjunto descreve o objeto o' com as informações io' . Comparar iu' e io' originam a lista final de recomendações.

O exemplo ilustrado na Figura 2 marcação número **2** considera o conjunto de metadados educacionais OBAA pelo fato de terem sido escolhidos para o escopo deste trabalho.

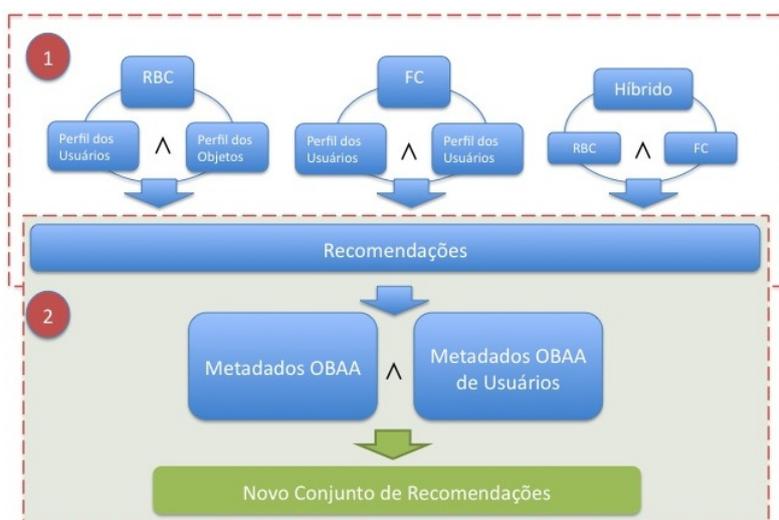


Figura 2. Visão do processo de Recomendação + Modelo Proposto

O processo de comparação pode ser feito através de regras de produção, Raciocínio Baseado em Casos ou métodos que façam uso de funções estatísticas. O presente modelo visa padronizar a maneira como devem ser desenvolvidos SR para a educação, desta forma, detalhes sobre a estrutura de metadados de perfis de usuários e de conteúdos educacionais são descritos no decorrer das seções.

4.2. Modelo de Conteúdos Educacionais

O conteúdo educacional pode ser considerado qualquer objeto que tenha por finalidade auxiliar no processo de aprendizagem. Desta forma, são exemplos de conteúdos educacionais: Livros; Artigos; Apresentações; Vídeos ou até mesmo objetos físicos. O que os torna “funcionais” para o modelo de recomendação proposto são os metadados que os descrevem. Neste trabalho será utilizado o modelo de conteúdos educacionais do padrão OBAA.

Conteúdos educacionais previstos para este modelo são descritos com o padrão OBAA e constituídos por um conjunto de metadados armazenados em um arquivo no for-

mato *XML*. A Figura 3 ilustra o modelo de conteúdo educacional proposto. Desta forma, os conteúdos educacionais são descritos em arquivos que possuam semântica e sintaxe OWL e formato XML ou OWL. Após é previsto que estes passem a se tornar indivíduos de uma ontologia OBAA descrita em OWL. Esta abordagem permite que conteúdos educacionais “carreguem” partes da ontologia preenchidas com atributos específicos.

Adotar esta abordagem, em nosso ponto de vista, torna o modelo adaptável a Web Semântica além de possibilitar a utilização de raciocínio lógico sobre a descrição presente em tais conteúdos, permitir classificação e categorização padronizada dos conteúdos e tipos de informações presentes, facilita o reuso de tais conteúdos educacionais e permite que o modelo filtre resultados provenientes de algoritmos de recomendação tradicionais de acordo com características pedagógicas, restrições de plataforma e demais presentes no padrão OBAA.



Figura 3. Composição do conteúdo educacional

4.3. Modelo de Usuário

O modelo de usuário proposto para este modelo é baseado nos trabalhos de [Primo and Loh 2006] e [Lichtnow et al. 2006], sendo ilustrado pela Figura 4. A marcação de número 1 ilustra o histórico de atividade de um usuário. Este histórico pode abranger avaliações realizadas a conteúdos educacionais, históricos de acesso, interesses explicitados entre demais aspectos relacionados a experiência de uso. A marcação de número 2 ilustra como pretende-se armazenar e descrever semanticamente as informações coletadas/extraídas dos usuários. No exemplo é mencionado o uso do padrão FOAF⁸.



Figura 4. Modelo de Usuário Proposto

A utilização do padrão de metadados FOAF torna o presente trabalho de acordo com as atuais tecnologias da Web Semântica. A escolha por esta tecnologia é relacionada as seguintes observações frente a literatura:

- Permite descrever pessoas, suas relações e atividades que realizam.

⁸<http://www.foaf-project.org/>

- Vem sendo adotada por aplicações que se direcionam ao uso da Web Semântica (Facebook, API's de grafos sociais do GOOGLE, entre outros);
- Facilita o processo de aquisição de conhecimento, permitindo que os usuários forneçam uma URI apontando para o seu perfil FOAF a ser importado reduzindo o problema de Partida Fria⁹;
- Compatibilidade com ontologias OWL, facilitando o processo de inferência sobre os perfis de usuários
- Possibilidade de utilizar a linguagem de consulta SPARQL, facilitando a recuperação de informações específicas sobre os usuários. (A utilização desta linguagem também pode ser uma alternativa para a recuperação de conteúdos educacionais)

De maneira a possibilitar a utilização do FOAF junto ao modelo proposto, estuda-se estender o seu vocabulário de maneira a utilizar metadados do padrão OBAA. Esta medida visa permitir que sejam descritas informações de cunho pedagógico.

5. Conclusões e rumos de pesquisa

O presente trabalho apresentou um modelo de recomendação de conteúdos educacionais descritos por padrões de metadados. A utilização deste modelo pode trazer benefícios para estudantes, que teriam conteúdos sugeridos de acordo com seu perfil cognitivo e necessidades especiais. Para professores tal modelo pode ser utilizado no processo de elaboração de conteúdos programáticos e materiais de ensino para disciplinas a serem ministradas.

Também foi apresentado como o presente modelo se adapta as atuais tecnologias da Web Semântica além de um apanhado superficial sobre metadados educacionais, bem como, a justificativa para a adoção do padrão de metadados OBAA.

Para dar seguimento as pesquisas e colocar em prática o modelo proposto são planejados estudos que objetivem concretizar a utilização do modelo proposto com os atuais repositórios de conteúdos educacionais, além de permitir que possam fazer parte do processo de recomendação conteúdos não necessariamente descritos com metadados educacionais, mas com fundo educacional. Por exemplo, artigos da Wikipedia.

Também faz parte das pesquisas propor a extensão do vocabulário de metadados FOAF para que de suporte a conteúdos educacionais. Mensurar e prever custos associados a implementação do modelo proposto junto aos sistemas de ensino popularmente utilizados (ex: Moodle).

Por fim, desenvolver um protótipo que utilize deste modelo e mensurar o quanto este permite aumentar a precisão de uma recomendação sob o aspecto de utilidade para resolução de um problema específico é outro ponto crucial a ser explorado.

Referências

Adomavicius, G. and Tuzhilin, A. (2005). Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions. *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on*, 17(6):734–749.

⁹do inglês *Cold Start*. Problema comum enfrentado por Sistemas de Recomendação

- Barker, P. (2004). Uk lom core. UK LOM Core home page <http://www.cetis.ac.uk/profiles/uklomcore/>.
- Bez, M. R., da Silva, J. M. C., Santos, E. R., Primo, T., and Bordignon, A. (2009). Projeto obaa: Uma abordagem com objetos de aprendizagem interoperáveis baseados na web e na televisão digital. *Informática na Educação: Teoria e Prática*, 12(1):119–126.
- Burke, R. D. (2007). Hybrid web recommender systems. In *The Adaptive Web*, pages 377–408.
- Friesen, N. and McGreal, R. (2005). Cancore: Best practices for learning object metadata in ubiquitous computing environments. *Pervasive Computing and Communications Workshops, IEEE International Conference on*, 0:317–321.
- García, E., Romero, C., Ventura, S., and Castro, C. D. (2009). An architecture for making recommendations to courseware authors using association rule mining and collaborative filtering. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 19(1-2):99–132.
- IEEE (2002). Ieee lom final standard metadata.
- Leino, J. and Rähkä, K.-J. (2007). Case amazon: ratings and reviews as part of recommendations. In *RecSys '07: Proceedings of the 2007 ACM conference on Recommender systems*, pages 137–140, New York, NY, USA. ACM.
- Lichtnow, D., de Lima, J. V., Loh, S., Garin, R. S., Palazzo, L. A. M., Primo, T., Kampff, A. J. C., and de Oliveira, J. P. M. (2006). O uso de técnicas de recomendação em um sistema para apoio à aprendizagem colaborativa. *Revista Brasileira de informática na educação (RBIE)*, 14(3):49–59.
- Miller, B. N., Albert, I., Lam, S. K., Konstan, J. A., and Riedl, J. (2003). Movielens unplugged: experiences with an occasionally connected recommender system. In *IUI '03: Proceedings of the 8th international conference on Intelligent user interfaces*, pages 263–266, New York, NY, USA. ACM.
- Powell, A., Nilsson, M., Naeve, A., and Johnston, P. (2005). Dublin core metadata initiative - abstract model. White Paper.
- Primo, T. and Loh, S. (2006). Técnicas de recomendação para usuários de bibliotecas digitais. In *III Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*.
- Resnick, P. and Varian, H. R. (1997). Recommender systems. *Commun. ACM*, 40(3):56–58.
- Shadbolt, N., Berners-Lee, T., and Hall, W. (2006). The semantic web revisited. *IEEE Intelligent Systems*, 21(3):96–101.
- Zäine, O. R. (2002). Building a recommender agent for e-learning systems.
- Zhu, F., Ip, H. H.-S., Fok, A. W. P., and Cao, J. (2007). Peres: A personalized recommendation education system based on multi-agents & scorm. In *ICWL*, pages 31–42.
- Zuhadar, L., Nasraoui, O., Wyatt, R., and Romero, E. (2009). Multi-model ontology-based hybrid recommender system in e-learning domain. In *Web Intelligence and Intelligent Agent Technologies, 2009. WI-IAT '09. IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on*, volume 3, pages 91–95.