

Sistema Multiagente para Indexação e Recuperação de Objetos de Aprendizagem

Jonas Vian¹, Ricardo Azambuja Silveira¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - PPGCC, Depto de Informática e Estatística – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Florianópolis – SC – Brazil

jonas.vian@gmail.com, silveira@inf.ufsc.br

Abstract. *This work proposes a multiagent system for indexing and retrieval learning objects, stored in different repositories and described with different metadata standards. Aiming to improve accuracy and coverage in the recovery of learning objects are used information retrieval techniques and ontologies together the multiagent system.*

Resumo. *Este trabalho propõe um sistema multiagente para recuperação e indexação de objetos de aprendizagem, armazenados em repositórios distintos e descritos com diferentes padrões de metadados. Com objetivo de melhorar a precisão e cobertura na recuperação de objetos de aprendizagem, são utilizadas técnicas de recuperação de informação e ontologias em apoio ao sistema multiagente..*

1. Introdução

A produção de conteúdos de aprendizagem, demanda esforço e investimento por parte de educadores e instituições de ensino, principalmente na produção de conteúdos para utilização em educação a distância, onde a informação deve estar totalmente explícita no conteúdo (DOWNES, 2001). Devido ao custo envolvido na produção de conteúdos de aprendizagem, existe forte interesse na possibilidade de reutilização de conteúdos já produzidos. Por isso, a possibilidade de facilitar a reutilização de conteúdos de aprendizagens tem despertado o interesse de grupos de pesquisas, organizações e instituições de ensino ao redor do mundo.

Com objetivo de permitir a organização e reutilização de conteúdos de aprendizagem, surge o conceito de objetos de aprendizagem (Learning Object - LO), (MCGREAL, 2004). Pesquisas em torno deste conceito originaram diversos conceitos, padrões e especificações que norteiam a produção e o armazenamento de objetos de aprendizagem. Porém não é possível destacar, no estado da arte atual, um padrão que seja amplamente aceito, dado que cada padrão ou especificação tem suas particularidades, isso justifica a heterogeneidade existente nas tecnologias utilizadas para a produção e o armazenamento de objetos de aprendizagem, bem como na definição da granularidade dos objetos. Esta heterogeneidade dificulta a interoperabilidade entre aplicações que produzem e que armazenam objetos de aprendizagem e as que tentam recuperá-los, dificultando assim a reutilização de objetos de aprendizagem já produzidos. O problema de reutilização de objetos de aprendizagem

também é dificultado pela diversidade e pela heterogeneidade dos repositórios de objetos de aprendizagem (*Learning Object Repository* – LOR) existentes na web, criados com objetivo de armazenar objetos de aprendizagem descritos por metadados (DOWNES, 2001).

O cenário de recuperação de objetos de aprendizagem é heterogêneo, devido aos diferentes padrões e especificações existentes para a produção e armazenamento; distribuído, dado à existência de inúmeros repositórios espalhados pela web e também dinâmico, devido ao volume de pesquisas na área e à amplitude do campo de utilização deste conceito. Além disso, percebe-se que a falta de ferramentas de busca eficientes e especializadas em objetos de aprendizagem não permite uma ampla reutilização de objetos já produzidos.

Neste cenário, justifica-se a utilização de uma proposta baseada na tecnologia de sistemas multiagente (SMA), para a construção de uma ferramenta inteligente de busca, que facilite a recuperação de objetos de aprendizagem existentes e disponíveis em repositórios, proporcionando a reutilização dos mesmos em ambientes de aprendizagem no processo de ensino e aprendizagem. A tecnologia SMA se caracteriza pela capacidade de modelar agentes com capacidade de adaptação ao ambiente, de agir de forma autônoma, de cooperar e de se comunicar, a fim de atingir um objetivo comum (WOOLDRIDGE, 2002).

O presente trabalho propõe um modelo de busca inteligente, capaz de indexar e recuperar objetos de aprendizagem, independente do padrão de metadados utilizado na sua descrição, localizados em repositórios distintos, utilizando a tecnologia de sistemas multiagente e também com o emprego de ontologias, com intuito de proporcionar maior reutilização de objetos de aprendizagem. A partir da análise do estado da arte da tecnologia de objetos de aprendizagem identificou-se a sua expressividade e também as limitações existentes para sua reutilização. As limitações ocorrem principalmente pela diversidade de padronização e também pela falta de ferramentas que facilitem a recuperação de objetos de aprendizagem.

As ferramentas de recuperação de informações baseadas apenas na busca sintática não são tão eficientes na recuperação de objetos de aprendizagem, quanto são na recuperação de informações na web em geral, visto que a sua precisão deve ser maior. Na web a informação não está catalogada como nos repositórios de objetos de aprendizagem, dificultando assim a utilização de aspectos semânticos na recuperação. Já na recuperação de objetos de aprendizagem, onde existe uma descrição mais formal do conteúdo através de metadados, e também, onde cada objeto tem sua própria finalidade, a utilização de aspectos semânticos da informação, proporciona recursos mais precisos para a sua recuperação.

Frente à análise dos processos de elaboração e armazenamento de objetos de aprendizagem, percebeu-se a possibilidade de propor um modelo de busca e recuperação de objetos de aprendizagem que permita a recuperação de forma federada conforme especificado por (CORDRA, 2006) e (FEB, 2010), recuperando objetos em repositórios distintos e heterogêneos, descritos com diferentes padrões de metadados, além de considerar aspectos semânticos de conteúdos de aprendizagem.

2. Referencial Teórico

O referencial teórico desta pesquisa abrange os conceitos inerentes aos objetos de aprendizagem e a sua utilização, bem como os padrões de especificação que norteiam seu uso. Além disso, foi levantada a hipótese do emprego da tecnologia de sistemas multiagente, e a sua aplicabilidade desta tecnologia na solução do problema. Durante o estudo percebe-se que além da tecnologia de sistemas multiagente seria também necessário o emprego de técnicas de Recuperação de Informação, usualmente utilizadas para Web Semântica e que, em combinação com a tecnologia de sistemas multiagente, possa resolver a dificuldade de recuperação de objetos de aprendizagem de forma distribuída, em ambiente heterogêneo e utilizando aspectos semânticos dos objetos de aprendizagem, com o objetivo de proporcionar maior reutilização dos mesmos, em ambientes de ensino e aprendizagem suportados por tecnologia. Esta investigação resulta no domínio da tecnologia de representação de ontologias cuja utilização tem o objetivo de contextualizar um domínio e os conceitos de indexação e atribuição de ponderação à informação utilizada na indexação, para melhorar a precisão e a cobertura da recuperação, melhorando também a performance de ferramentas de busca.

Objetos de aprendizagem são recursos educacionais que podem ser empregados no processo de aprendizagem suportado por tecnologia (MCGREAL, 2004). A IEEE (IEEE-LTSC, 2005) define objetos de aprendizagem como: “todo material digital ou não que possa ser utilizado, reutilizado e referenciado no processo de ensino aprendido apoiado por tecnologia”. Segundo (MCGREAL, 2004) pode-se destacar algumas características que um objeto de aprendizagem deve possuir: Acessibilidade, Interoperabilidade, Adaptabilidade, Reusabilidade, Durabilidade, Recuperabilidade, Avaliabilidade e Intercambialidade. Objetos de aprendizagem podem ter como base: textos, animações, apresentações, imagens, softwares, etc. e para serem localizados e reutilizados é preciso que sejam descritos por um conjunto de metadados (dados sobre os dados), de acordo com alguma especificação (DOWNES, 2001). O conteúdo de aprendizagem devidamente descrito por metadados, forma o objeto de aprendizagem, que deve ser armazenado em um repositório e pode ser combinado com outros objetos de aprendizagem para construção de objetos maiores como lições e cursos (NASH, 2005).

Os repositórios de objetos de aprendizagem são os mecanismos que têm a finalidade de armazenar e organizar os objetos de aprendizagem permitindo que estes sejam localizados e recuperados. O objeto de aprendizagem após descrito por seus metadados é armazenado em um repositório, que deve prover a interface para submissão, revisão e recuperação do objeto (DOWNES, 2001; NASH, 2005).

A recuperação é feita através de ferramentas de busca, sendo que os objetos recuperados de um repositório podem ser utilizados diretamente por alunos, por professores na autoria de cursos ou serem utilizados por diretamente por algum LMS.

Durante os últimos anos, grupos de pesquisas de organizações renomadas têm pesquisado e proposto padrões e especificações para objetos de aprendizagem. De acordo com (CURRIER, 2008) é possível elencar algumas organizações que vêm realizando pesquisas, com objetivo de desenvolver: conjuntos de metadados para descrição de objetos de aprendizagem, orientações para organização e armazenamento

de metadados de objetos de aprendizagem em estrutura XML (*Extensible Markup Language*) e modelos de referencia para construção de objetos de aprendizagem considerando aspectos tecnológicos, como SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*). A seguir são destacadas organizações que possuem significativo esforço empregado nas áreas citadas:

- *Ariadne Foundation* (ARIADNE, 2006)
- *AICC (Aviation Industry CBT (Computer-Based Training) Committee)* (AICC, 2010)
- *Dublin Core Metadata Initiative* (DCMI, 2010)
- *IEEE-LTSC (Institute of Electrical and Electronics Engineers - Learning Technology Standards Committee)* (IEEE-LTSC, 2005)
- *IMS (Instructional Management Systems) Global Learning Consortium* (IMS, 2010)
- *ISO (International Organization for Standardization)* (ISO, 2010)
- *ADL (Advanced Distributed Learning)* (ADL, 2010)
- *OBAA* (OBAA, 2010)

Os projetos CESTA - Coletânea de Entidades de Suporte ao uso de Tecnologia na Aprendizagem (CESTA, 2010), Lume - repositório digital da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (LUME, 2010), O Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE, 2008), RIVED (Rede Interativa Virtual de Educação) (RIVED, 2010), MERLOT (Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching) (MERLOT, 2010) e Federação Educa Brasil (FEB, 2010) são alguns exemplos relevantes de repositórios de objetos de aprendizagem.

As principais tecnologias empregadas na implementação dos repositórios envolvem o emprego de técnicas de banco de dados, LDAP ou XML, quando implementados sob medida (ad-hoc). No entanto, recentemente tem sido empregados *frameworks* especializados na implementação de repositórios, como o DSpace (DSPACE, 2010) e o FEDORA ((Flexible Extensible Digital Object Repository Architecture) (FEDORA 2010).

No que diz respeito ao uso da abordagem de sistemas multiagente, emprega-se o conceito de agente de Wooldridge (2002) segundo o qual um sistema multiagente é uma rede fracamente acoplada de solucionadores de problemas que trabalham em conjunto para resolver problemas, que vão além da sua capacidade individual. Estes solucionadores de problemas são softwares essencialmente autônomos, distribuídos e muitas vezes heterogêneos em sua natureza. Neste trabalho adota-se também os modelos de agentes FIPA, uma organização ligada a IEEE Computer Society, que promove especificações e padrões para tecnologia de agentes e sistema multiagente, bem como a interoperabilidade da tecnologia de agentes com outras tecnologias (FIPA, 2010). Utilizou-se para tal o Jade (Java Agent Development Framework) é um framework que simplifica o desenvolvimento de sistemas multiagente, implementado em linguagem Java, de acesso livre e baseado nas especificações FIPA (JADE, 2010). Jade consiste em um ambiente para execução de agentes, que permite a criação de

agentes e o gerenciamento de suas ações, através de ferramentas gráficas.

Para a modelagem do sistema foi utilizada a metodologia O-MaSE, um metamodelo que define os conceitos de análise, projeto e implementação e as restrições entre eles, bem como um conjunto de métodos que determina como os produtos de análise e projeto podem ser criados e utilizados, dentro do Framework e as orientações definem como os métodos podem ser combinados, para definir uma instância da metodologia O-MaSE (DELOACH, et al., 2007).

Além do embasamento teórico referente a sistemas multiagente e objetos de aprendizagem, fez parte deste trabalho o emprego de técnicas de recuperação de informação definida como a tarefa de encontrar documentos relevantes às necessidades de informação de um usuário (RUSSEL, et al., 2004). e que visa explorar técnicas e desenvolver softwares com intuito de facilitar a localização de informação, que satisfaça necessidades de informação, em meio digital (MANNING, et al., 2008) e técnicas de representação de conhecimento através de ontologias constituída por entidades que podem ser: classes ou conceitos, instâncias ou indivíduos, relações ou propriedades, tipos de dados e valores (EUZENAT, et al., 2007)

3. O Modelo Proposto

O objetivo do sistema proposto é proporcionar a reutilização de objetos de aprendizagem, através do desenvolvimento de agentes de software com capacidade de conviver com a heterogeneidade do ambiente, no cenário de recuperação de objetos de aprendizagem. O sistema é capaz de indexar e recuperar objetos de aprendizagem em diferentes repositórios, abstraindo do usuário. A arquitetura do sistema multiagente proposto, para indexação e recuperação de objetos de aprendizagem é apresentada na figura 1

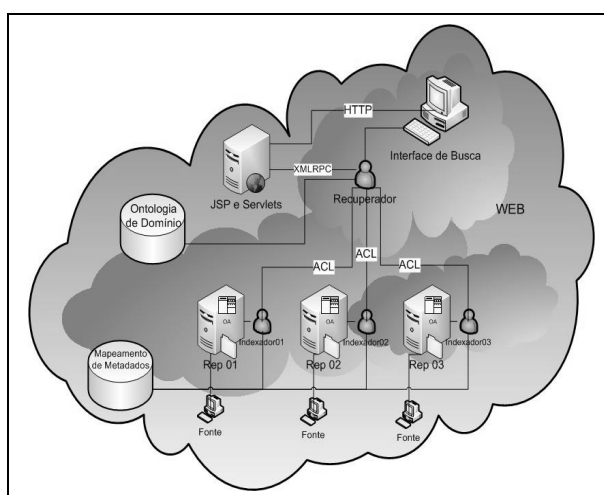


Figura 1. Arquitetura geral do sistema

De acordo com a figura, os principais componentes são: **Repositórios**, que representam o conjunto de repositórios de objetos de aprendizagens sobre os quais o sistema efetua a indexação e a recuperação de objetos., **Sistema multiagente**, composto por agentes indexadores e agentes recuperadores, **Mapeamento de metadados**, uma

estrutura de dados onde é feita a correlação entre os elementos de metadados de cada padrão tratado pelo sistema, **Ontologias de domínio**, conjunto de ontologias utilizadas pelos agentes recuperadores, que permitem a expansão das consultas solicitadas pelos usuários e **Serviço de busca**, servidor web que disponibiliza a interface de busca, onde os usuários efetuam as consultas ao sistema, em busca de objetos de aprendizagem e onde os resultados da consulta são apresentados.

O sistema multiagente foi modelado através da metodologia O-MASE, e os diagramas desenhados com auxílio da ferramenta *AgentTool III*. A ferramenta permite a construção de uma série de diagramas que dão visibilidade ao sistema multiagente sendo construído, como é o caso do diagrama de agentes mostrado na figura 2. No diagrama de agentes é possível visualizar os dois tipos de agentes que o sistema proposto possui: agente indexador e agente recuperador.

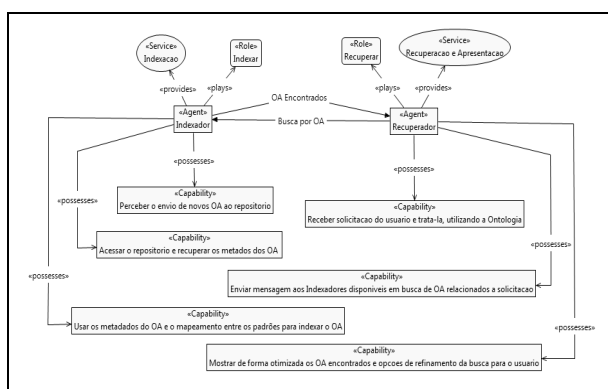


Figura 2. Diagrama de agentes.

O **Agente Indexador** possui comportamento capaz de recuperar os metadados de um objeto de aprendizagem localizado em um repositório. O agente deve conhecer a localização do repositório, os dados para acessar o repositório e o padrão de metadados utilizado para descrever os objetos de aprendizagem existentes no repositório. O **Agente Recuperador** possui comportamento capaz de receber solicitações do usuário, que está efetuando uma consulta ao sistema em busca de objetos de aprendizagem. O agente recebe os termos informados pelo usuário através da interface de busca e também o domínio de conhecimento caso escolhido pelo usuário. De posse dos termos o agente é capaz de executar a expansão da consulta utilizando a ontologia referente ao domínio escolhido pelo usuário, ou caso o usuário não tenha definido domínio utilizar mais de uma ontologia.

4. Desenvolvimento do Protótipo

O protótipo foi desenvolvido com o objetivo de validar a viabilidade do modelo de recuperação de objetos de aprendizagem proposto. O desenvolvimento teve como base a linguagem de programação Java e a utilização das seguintes tecnologias: *Framework JADE* (JADE, 2010), JSP e *Servlets*, Servidor *Tomcat 6 Framework Jena* (JENA, 2010): utilizado para implementação da comunicação dos agentes recuperadores com as ontologias. Permite a realização de consultas e inferências a partir de ontologias em

OWL, XMLRPC (XMLRPC, 2003): protocolo utilizado para a comunicação entre o sistema multiagente e o serviço de busca. Permite a troca de conteúdo em XML a partir de chamadas a processos remotos, APIs URL, JLDAP e JDOM: bibliotecas Java que disponibilizam as funcionalidades para a conexão dos agentes aos repositórios de objetos de aprendizagem, a recuperação dos metadados descritos para objetos de aprendizagem e o processamento de XML para extração de informação contida nos elementos de metadados, e a ferramenta *Protégé* (PROTEGE, 2010): utilizado para o desenvolvimento de ontologias e permite a exportação de ontologias em formato OWL.

Com a inicialização do servidor web *Tomcat*, fica disponível aos usuários a interface de busca apresentada na figura 3, implementada com JSP e *servlets*. Através da interface de busca, o usuário efetua a consulta por objetos de aprendizagem, definido os termos e domínio desejado.



Figura 3. Interface de Busca

A inicialização do sistema multiagente, através do *framework* JADE, disponibiliza os agentes indexadores, que efetuam a indexação dos repositórios definidos para o sistema. Para isso os agentes utilizam as bibliotecas Java que permitem a conexão aos repositórios e a recuperação dos metadados, sobre os quais são aplicadas as técnicas de recuperação de informação. O índice resultante do processamento de cada agente indexador é mantido na memória do agente e também gravado em disco, utilizando a linguagem XML. No momento que o usuário comanda a consulta na interface de busca, a página JSP aciona o *servlet*, no servidor web, que possui a implementação do cliente XMLRPC, responsável pela comunicação do serviço de busca com o sistema multiagente. Após a expansão da consulta o agente recuperador efetua a comunicação com os agentes indexadores, recebe os resultados dos agentes indexadores e faz a organização dos objetos recuperados. De posse do resultado o agente recuperador encaminha-o via XMLRPC para o *servlet*, que exibe os objetos na interface do serviço de busca, onde o usuário pode acessá-los.

5. Validação

A validação do protótipo desenvolvido tem como objetivo demonstrar de forma prática, a utilização do sistema proposto, como possível solução ao problema estudado. Para

esta validação foram utilizados dois repositórios de objetos de aprendizagem existentes e desenvolvido através do editor *Protégé*, uma ontologia no domínio de segurança da informação, como mostra a figura 4.

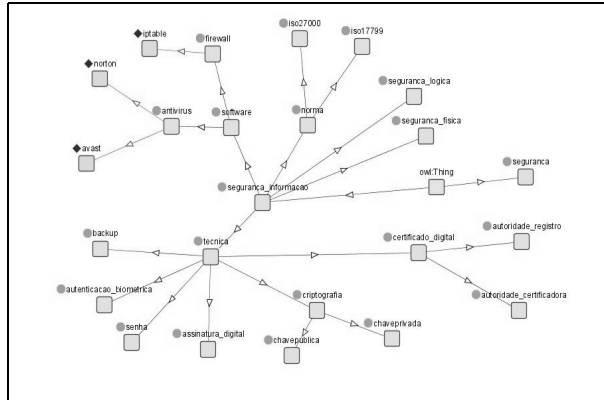


Figura 4. Ontologia para o domínio de Segurança da Informação

Os repositórios utilizados para a validação do protótipo foram o LUME, estruturado sobre a ferramenta *DSpace* e utiliza o padrão de metadados *Dublin Core* e o CESTA: Coletânea de Entidades de Suporte ao uso de Tecnologia na Aprendizagem, estruturado sobre um servidor LDAP e utiliza o padrão de metadados LOM.

Para execução de testes que viessem a validar o protótipo, foram utilizadas as ferramentas de busca nativas dos repositórios utilizados na validação. Foram efetuadas consultas individualmente em cada repositório e também através do protótipo implementado. Para as consultas foram utilizados termos no domínio de Segurança da Informação, utilizados também para desenvolver a ontologia, apresentada anteriormente. Os testes realizados mostram que a aplicação do modelo de recuperação de objetos de aprendizagem proposto, permite a reutilização e o compartilhamento de objetos de aprendizagem, de diferentes repositórios. O gráfico da figura 5 apresenta o comparativo, entre os testes realizados com as ferramentas de busca nativas dos repositórios utilizados na validação e o protótipo do sistema proposto. É possível observar no gráfico uma melhora na precisão dos objetos recuperados, considerando a amostragem dos resultados, sendo que esta precisão pode ser melhorada, através do aprimoramento das técnicas utilizadas para indexação.

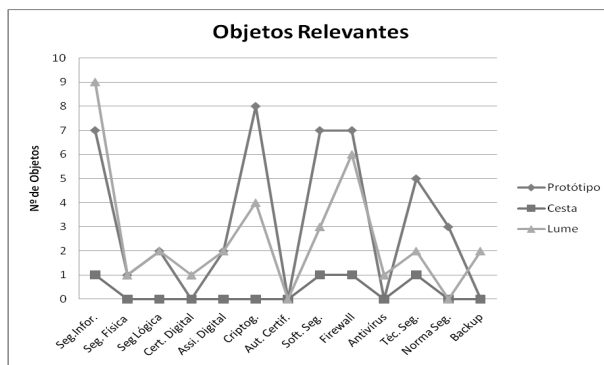


Figura 4. Ontologia para o domínio de Segurança da Informação

6. Considerações finais

A utilização da solução proposta no trabalho permite a busca federada em repositórios distribuídos e heterogêneos, conforme foi proposto. A recuperação de objetos de aprendizagem em repositórios distintos e heterogêneos, de forma transparente para o usuário traz incentivo a reutilização e o compartilhamento de objetos de aprendizagem. O modelo proposto traz uma solução para o problema encontrado na reutilização de objetos de aprendizagem, através de um sistema multiagente, que utiliza o mapeamento entre as diferenças dos principais padrões de metadados existentes e possibilita a interoperabilidade entre repositórios de objetos de aprendizagem heterogêneos e distribuídos. Além de proporcionar a reutilização de objetos de aprendizagem, é possível melhorar a precisão e a cobertura na recuperação de objetos, através da indexação dos mesmos e a utilização de ontologias de domínio, para expansão de consultas tratadas pelo sistema.

7. Referências

- ADL. Advanced Distributed Learning, 2010. Disponível em: <<http://www.adlnet.gov/Pages/Default.aspx>>. Acesso em: abr. 2010.
- AICC. Aviation Industry CBT Committee, 2010. Disponível em: <<http://www.aicc.org/dev/>>. Acesso em: abr. 2010.
- ARIADNE. Ariadne Foundation, 2006. Disponível em: <<http://www.ariadne-eu.org/>>. Acesso em: abr. 2010.
- BIOE. Banco Internacional de Objetos Educacionais, 2008. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>>. Acesso em: mai. 2010.
- CESTA. Coletânea de Entidades de Suporte ao uso de Tecnologia na Aprendizagem. Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação (CINTED), 2010. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/CESTA/>>. Acesso em: abr. 2010.
- CORDRA. CORDRA: Content Object Repository Discovery and Registration/Resolution Architecture. mar. 2006. Disponível em: <<http://cordra.net/introduction/>>. Acesso em: mar. 2010.
- CURRIER, S. Metadata for Learning Resources: An Update on Standards Activity for 2008. Ariadne, 2008. Disponível em: <<http://www.ariadne.ac.uk/issue55/currier/>>. Acesso em: jan. 2010.
- DCMI. The Dublin Core Metadata Initiative, 2010. Disponível em: <<http://dublincore.org/>>. Acesso em: mar. 2010.
- DELOACH, S. A.; OJEDA, J. C. G.; VALENZUELA, J.; OYENAN, W. H. Organization-based Multiagent System Engineering (O-MASE) - Framework Description. Manhattan: Kansas State University, 2007.
- DOWNES, S. Learning Objects: Resources for distance education worldwide. The International Review of Research in Open and Distance Learning, v. 2, n. 1, 2001.
- DSPACE. DSpace, 2010. Disponível em: <<http://www.dspace.org/>>. Acesso em: abr. 2010.

- EUZENAT, J.; SHVAIKO, P. *Ontology Matching*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2007.
- FEB. FEB – Federação Educa Brasil, 2010. Disponível em: <<http://feb.ufrgs.br/>>. Acesso em: jan. 2010.
- FEDORA. Fedora Commons Repository Software, 2010. Disponível em: <<http://www.fedora-commons.org/>>. Acesso em: mai. 2010.
- FIPA. Foundation for Intelligent Physical Agents, 2010. Disponível em: <<http://www.fipa.org/>>. Acesso em: dez. 2009.
- IEEE-LTSC. WG12: Learning Object Metadata. IEEE Learning Technology Standards Committee, 2005. Disponível em: <<http://ltsc.ieee.org/wg12/>>. Acesso em: jun. 2010.
- IMS. IMS Global Learning Consortium, 2010. Disponível em: <<http://www.imsglobal.org/>>. Acesso em: mar. 2010.
- JADE. JADE (Java Agent DEvelopment Framework), 2010. Disponível em: <<http://jade.tilab.com/>>. Acesso em: jan. 2010.
- JENA. Jena – A Semantic Web Framework for Java, 2010. Disponível em: <<http://jena.sourceforge.net/>>. Acesso em: mar. 2010.
- LUME. Lume - Repositório Digital da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/>>. Acesso em: fev. 2010.
- MANNING, C. D.; RAGHAVAN, P.; SCHUTZE, H. *Introduction to Information Retrieval*. England: Cambridge University Press, 2008.
- MCGREAL, R. *Online Education Using Learning Objects*. London: Routledge, 2004.
- MERLOT. MERLOT - Multimedia Educational Resources for Learning and Online Teaching, 2010. Disponível em: <<http://www.merlot.org/merlot/index.htm>>. Acesso em: mar. 2010.
- NASH, S. S. *Learning Objects, Learning Object Repositories, and Learning Theory: Preliminary Best Practices for Online Courses*. Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects, New York, 2005.
- OBAA. Portal OBAA, 2010. Disponível em: <<http://www.portalobaa.org/obaac/padrao-obaa/relatorios-tecnicos/RT-OBAA-01.pdf/view>>. Acesso em: mar. 2010.
- PROTEGE. Protégé Ontology Editor, 2010. Disponível em: <<http://protege.stanford.edu/>>. Acesso em: jan. 2010.
- RIVED. RIVED - Rede Interativa Virtual de Educação, 2010. Disponível em: <http://rived.mec.gov.br/site_objeto_lis.php>. Acesso em: abr. 2010.
- WOOLDRIDGE, M. *An Introduction to MultiAgent Systems*. England: John Wiley & Sons, 2002.