

Rede de Ontologias: apoio semântico a linha de produtos de objetos de aprendizagem

Fernanda Campos¹, José Maria N. David¹, Regina Braga¹,

Thiago Nery¹, Neide Santos²

¹Núcleo de Pesquisa em Engenharia do Conhecimento (NEnC)

Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação

Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF

²Mestrado em Ciências Computacionais.

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

{fernanda.campos, jose.david, regina.braga, thiago.nery}@ufjf.edu.br,
neide@ime.uerj.br

Abstract. *The complexity of teaching and learning processes demand a wider support of learning objects (LO) to fulfill both students and teachers' requirements. This paper aims to describe a proposal to support, through reuse, learning objects construction in order to improve teaching and learning processes composition. A Learning Objects infrastructure, based on product line approach, named BROAD-PL, was built. Associated to this infrastructure, an ontology network was developed in order to semantically support searching and recover, as well as LO reuse. In order to evaluate the proposed solution an experimental study was carried out in the context of hypermedia tutorials construction to support Biology teaching.*

Resumo. *A complexidade dos processos de ensino e aprendizagem demanda um suporte mais amplo de objetos de aprendizagem (OA) para atender às necessidades dos professores e alunos. Este artigo tem como objetivo apoiar, através do reuso, a construção de objetos de aprendizagem voltados para a composição de processos de ensino e aprendizagem. Para tanto, uma infraestrutura baseada na abordagem de Linha de Produtos de OAs, denominada BROAD-PL, foi construída. Associada a esta infraestrutura, uma rede de ontologias foi desenvolvida para oferecer apoio semântico à busca e recuperação, bem como ao reuso de OAs. Para avaliar a solução proposta um estudo experimental foi conduzido no contexto de construção de tutoriais hipermídia para apoiar o ensino de Biologia.*

1. Introdução

A reutilização é um conceito chave para Objetos de Aprendizagem (OA). Um OA deve ser granular, isto é, deve ser pequeno ou composto de pequenas partes. Quanto maior o grau de granularidade de um OA, maior será a sua possibilidade de reuso uma vez que um OA pode conter várias partes que podem ser extraídas formando vários outros OA granulares [Burbaite e Stuijks, 2011]. No contexto de desenvolvimento de software para a área de Educação é importante a criação de mecanismos que agilizem o processo de construção de OAs reutilizáveis e que facilitem a sua integração e utilização em repositórios. O uso de abordagens de desenvolvimento de software tais como Linha de Produtos de Software (LPS) pode oferecer um suporte sistemático para a reutilização de

OAs. Os benefícios proporcionados são: maior agilidade e menor custo na reutilização e criação [Clements e Northrop, 2001][Silva et al., 2012].

As ontologias vêm sendo apontadas como solução para a semântica de aplicações computacionais na área de Educação, prioritariamente com OAs, potencializando seu uso a partir de repositórios, na busca e cadastro, e também na composição destes OAs para a formação de conteúdos educacionais. Em relação a ontologias de objetos de aprendizagem [Knight et al., 2006] [Silva et al., 2012] [Cantelle, 2009] [Campos et al., 2012] a literatura converge para uma definição de itens que compõem disciplinas ou cursos, tipos de OA, mídias e padrões de metadados.

Por outro lado, considerando o contexto de LPS, termos ontológicos podem ser mapeados para características (*features*) constantes do modelo de variabilidades da LPS, de forma a facilitar a geração de novos OAs. Algumas dessas *features* são mandatórias, considerando o contexto de objetos de aprendizagem, como autoria, título, idioma e versão, mesmo que muitas vezes implícitas, outras são alternativas, que podem representar as características dos diferentes tipos de OA como exercício e prática, tutorial hiperídia, jogos, por exemplo, e outras características são opcionais. Nesse contexto, uma solução viável para a semântica das aplicações educacionais é a criação de redes de ontologias que permitam a criação de ontologias necessárias a uma aplicação e domínios específicos, mas também o reuso de ontologias existentes como o padrão OBAA (2012), mapeados para o modelo de *features* de forma a facilitar a geração de OAs a partir da LPS.

O projeto BROAD busca a adoção de tecnologias como ontologias, serviços web semânticos, agentes e *workflow* para a construção de uma arquitetura para composição e sequenciamento de OA. O projeto avança em questões relativas a trabalhos anteriores como em arquiteturas como CelOWS [Matos, et al., 2009], SASAgent [Mendes et al., 2011], ComposerScience [Silva et al., 2011], BROAD [Braga et al., 2011] [Campos et al., 2012], em repositórios semânticos como [Santos et al., 2008] e objetos de aprendizagem [Campos et al., 2011] [Souza et al., 2010]. Considerando que a composição e sequenciamento de OA é uma atividade chave para o compartilhamento e reuso de conteúdos educacionais [Damaševičius and Štuikys, 2009], o objetivo deste artigo é relacionar o conceito de LPS para viabilizar o reuso sistemático de OAs. O enfoque do ponto de vista pedagógico se baseia na ontologia de OA (características, objetivos e estratégias educacionais), nos metadados educacionais e na visão do professor, e do ponto de vista tecnológico se baseia em tipos de OA, as mídias, entre outros. Como essa variabilidade de dados e contextos permite a personalização dos objetos de aprendizagem propomos uma arquitetura para LPS apoiada semanticamente em uma rede de ontologias, através do mapeamento dos elementos ontológicos (termos, restrições e relacionamentos) para as *features* especificadas na LPS. Adicionalmente um estudo experimental inicial foi realizado, com a intenção de validar e refinar a proposta, demonstrando a viabilidade da criação de objetos pelo processo de reutilização.

Esse artigo está assim organizado: a primeira seção do artigo, após a introdução, apresenta os trabalhos relacionados ao tema. Na sessão 3 a rede de ontologias BROADNet é descrita. Na sessão 4 a BROAD-PL - Infraestrutura Baseada em Ontologias e Linha de Produtos de Objetos de Aprendizagem é apresentada. A sessão 5

relata o estudo experimental realizado para validar a proposta com uso da ferramenta EasyT. Finalmente, o artigo apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Propostas para utilizar a abordagem de Linhas de Produtos de Software (LPS) e o paradigma de Orientação a Serviços (OS) têm sido discutidas na literatura [Lee et al. 2008] [Medeiros et al 2010]. Os resultados apresentados evidenciam que o reuso e a composição de componentes podem ser potencializados. Considerando-se que objetos de aprendizagem podem ser tratados como componentes de software, cabe investigar a utilização da combinação de LPS e OS no sequenciamento e composição de objetos de aprendizagem. Burbaite e Stuikys (2011) propõem a utilização do modelo de features para analisar e especificar objetos de aprendizagem. Através do modelo proposto, um conceito de um OA é associado a uma feature que poderá apoiar, posteriormente, a criação de novas instâncias de OAs. Entretanto, os autores não abordam aspectos específicos da Linha de Produtos relacionados, por exemplo, à busca e à recuperação de OAs para compor as sequências. Além disso, a abordagem proposta neste artigo associa *features* mandatórias e alternativas para a geração e/ou reuso de OA, da forma como é proposto originalmente em LPS, e não associa uma única *feature* a um OA como é proposto no trabalho de Burbaite e Suiks (2011). Em [Damaševičius and Štuikys, 2009] o modelo de features é utilizado para a implementação das sequências de OAs utilizando o conceito de Objetos de Aprendizagem Generativos e meta-programação. Entretanto, não consideram diferentes contextos semânticos (redes de ontologias) para o desenvolvimento e reuso de OAs. A diferença dos trabalhos existentes em relação à proposta discutida neste artigo está na utilização de uma rede de ontologias para apoiar busca e a recuperação de objetos de aprendizagem, bem como na geração de objetos através da associação desta rede de ontologias e o modelo de feature da LPS.

3. Rede de Ontologias BROADNet

Quase quinze anos se passaram e apesar de vários usos e benefícios, as ontologias ainda apresentam alguns problemas, dentre eles destaca-se a escolha das Ontologias adequadas e as metodologias para criação e evolução das mesmas. Em relação à adequação das ontologias e a necessidade de alinhamento das mesmas com ontologias já existentes no mesmo domínio ou subdomínios, as redes de ontologias [Pernas et al., 2011] podem significar uma solução interessante. A ligação de diferentes ontologias em rede, através de técnicas que garantam a interoperabilidade entre elas pode significar a inclusão de conteúdos já existentes ou complementares para ampliação da semântica nas aplicações computacionais.

Para [dAquin et al. 2006] uma rede de ontologias é uma coleção de ontologias relacionadas entre si através de uma variedade de relacionamentos, tais como: alinhamento, modularização, versionamento e dependência. Segundo [Zhu X.-J., 2007] por especificar a conceituação de um domínio específico em termos de conceitos, atributos e relacionamentos as ontologias podem desempenhar um papel crucial para permitir a representação, processamento, compartilhamento e reutilização de conhecimento entre aplicações de *e-learning* baseadas na Web. Neste contexto é necessário distinguir entre três tipos de conhecimento, e conseqüentemente de ontologias [Antoniou e Harmelen, 2008]: **(i) Ontologia de conteúdo:** descreve os

conceitos básicos do domínio em que a aprendizagem ocorre; (ii) **Ontologia pedagógica**: aborda questões pedagógicas, como a classificação, por exemplo, de um material em palestra, tutorial, exemplo, exercício, solução e assim por diante; e (iii) **Ontologia estrutural**: define a estrutura lógica dos materiais de educação e geralmente inclui relações hierárquicas e de navegação como, *previous*, *next*, *hasPart*, *isPartOf*, *requires*, e *isBasedOn*.

A rede de ontologias BROADNet de objetos de aprendizagem, é usada no suporte semântico a aplicações. Para o desenvolvimento das ontologias foi usada a abordagem QDAontology [Palazzi et al., 2010] adaptada para os novos cenários de desenvolvimento da rede de ontologias: reuso do conhecimento, incorporação de aspectos colaborativos no processo de desenvolvimento e evolução dinâmica das redes em ambientes distribuídos. Dessa forma as principais características do processo de desenvolvimento da rede de ontologias BROADNet são: (i) a ontologia de topo (*knowledge ontology*) foi reutilizada a partir de uma ontologia já existente [Campos et al. 2012]; (ii) as ontologias de domínio foram desenvolvidas por uma abordagem sistemática ressaltando a etapa de alinhamento com outras do mesmo domínio [Palazzi et al., 2010]; (iii) reuso e reengenharia de recursos ontológicos para a construção da ontologia de metadados, incorporando modelos já existentes e disponíveis como [OBAA, 2012]; e (iv) reestruturação de recursos ontológicos através da modularização, otimização, extensão e especialização.

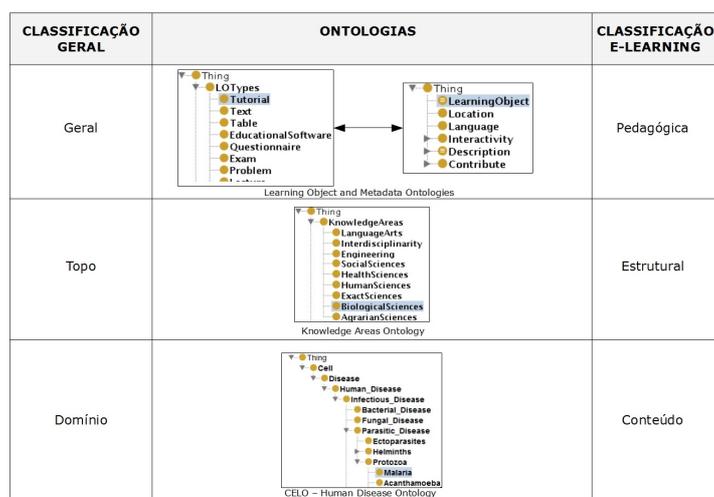


Figura 1. Classificação das principais ontologias da rede BROADNet

Em termos de classificação geral [Guarino, 1997 in Palazzi et al., 2010] as ontologias que compõem a rede do projeto BROAD podem assim ser classificadas (Figura 1): objetos de aprendizagem e metadados são ontologias gerais, a ontologia Celo Human Disease (usada para ilustrar esse artigo) é uma ontologia de domínio e a ontologia de conhecimento é de topo. Considerando a classificação de ontologias para ambientes de *e-learning* [Antoniou e Harmelen, 2008], elas podem assim ser classificadas: objetos de aprendizagem e metadados são ontologias pedagógicas, ontologia Celo Human Disease é uma ontologia de conteúdo e a ontologia de conhecimento é estrutural, pois ela define a navegação hierárquica.

No contexto de uma LPS de OA, o uso de uma rede de ontologias é de grande importância uma vez que esta rede auxilia semanticamente na escolha das características necessárias para o desenvolvimento/reuso de um OA. É importante ressaltar que dada a diversidade semântica da rede de ontologias não é possível representá-la utilizando-se somente o modelo de *features* (características) da LPS. Desta forma, este trabalho propõe a utilização do modelo de *features* em conjunto com a rede de ontologias para auxiliar no desenvolvimento/reuso de OAs.

4. BROAD-PL: Infraestrutura Baseada em Ontologias e Linha de Produtos de Objetos de Aprendizagem

A localização e recuperação de OAs exigem que eles tenham sido identificados/classificados a partir de um modelo robusto de metadados, capaz de descrevê-lo de forma completa e correta, com o objetivo de facilitar seu uso. Ocorre que há muitos padrões disponíveis, mas eles quase sempre são difíceis de serem adotados, além de serem extensos, complexos e muitas vezes negligenciam os aspectos educacionais envolvidos no OA. O Projeto BROAD - Busca e Recuperação de Objetos de Aprendizagem a Distância, trabalha com o desenvolvimento de infraestruturas para a gerência e composição de OAs distribuídos [Campos et al., 2011].

A infraestrutura BROAD-WP é uma extensão a infraestrutura BROAD através da utilização de diferentes objetos de aprendizagem de acordo com as características do aluno. As especificações do padrão de metadados BROAD auxiliam o sequenciamento das atividades de aprendizagem e permitem identificar as preferências e características de um estudante. A infraestrutura BROAD-WP propõe a especificação de uma arquitetura para geração de *workflow* de conteúdos educacionais de forma a personalizar a oferta desses módulos. A personalização é feita pela geração de um *workflow*, que considera o conteúdo a ser estudado, o perfil do estudante e os diferentes artefatos educacionais disponíveis no repositório. Para a definição do *workflow* a proposta se apoia na rede de ontologias de objetos de aprendizagem, a qual busca promover a semântica do ambiente [Campos et al., 2011].

A abordagem utilizada na BROAD-WP contempla a produção de objetos de aprendizagem no ciclo de vida da engenharia de software, com as complexidades para o gerenciamento das interdependências entre os artefatos. À medida que a quantidade de objetos aumenta torna-se mais difícil utilizá-los em domínios de aplicação específicos. De uma forma geral, esta abordagem limita a produção de OA, considerando-se as variabilidades que estão associadas aos diferentes contextos e aos requisitos específicos dos usuários. Nesta pesquisa, elementos de contexto estão relacionados à descrição do conhecimento sobre as circunstâncias nas quais as atividades educacionais e seus eventos ocorrem (objetivos, estratégias, recursos tecnológicos, entre outros), o perfil do estudante em termos do conhecimento prévio, estilo preferido de aprendizagem, restrições físicas ou culturais e outros tipos de informação.

Com o objetivo de potencializar o reuso de OA uma infraestrutura, denominada BROAD-PL (Figura 2), foi projetada buscando-se estender a infraestrutura BROAD-WP através da abordagem de Linha de Produtos de Software e da utilização de uma arquitetura orientada a serviços. Considerando-se os mecanismos que apoiam a construção de OA e que facilitam a integração com Ambientes Virtuais de

Aprendizagem, a abordagem de LPS pode oferecer um suporte sistemático para a reutilização a partir das características e preferências do aluno.

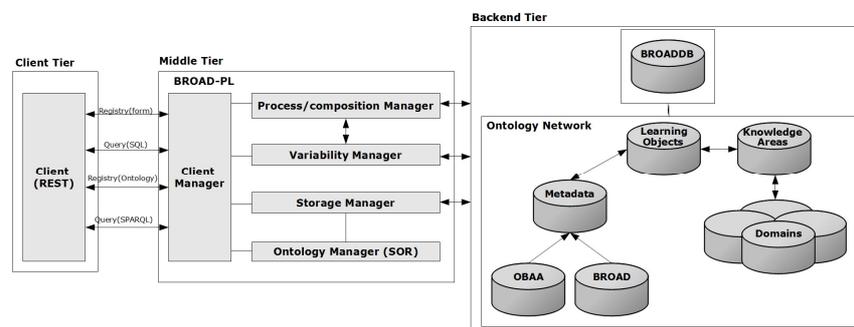


Figura 2. Visão Geral Arquitetura BROAD-PL (estendido de [Santos et al. 2012])

De acordo com a Figura 2, o módulo Gerente de Processos e Composição é responsável pela criação de seqüências/composição de objetos de aprendizagem para atender às necessidades específicas dos alunos. Neste contexto, diferentes processos poderão ser criados e deverão ser gerenciados. Este gerente foi desenvolvido no contexto do BROAD-WP. No entanto, sua utilização é importante no contexto do BROAD-PL uma vez que a partir da geração/reuso dos OAs, o passo seguinte é seu sequenciamento ou composição dos OAs de acordo com um dado conteúdo educacional.

O módulo Gerente de Variabilidades trata da análise das *features* que diferenciam os objetos de aprendizagem em contextos específicos. Esta análise auxilia o projeto de OAs identificando “quando” e “como” as *features* são associadas ao objeto para atender às necessidades dos alunos [Lee e Kang, 2004]. Como resultado, esses objetos poderão compor os processos para a infraestrutura BROAD-PL. Este gerente é responsável pela associação da rede de ontologias com o modelo de *features*. Esta associação é de suma importância, uma vez que a semântica de conteúdos específicos e os diferentes contextos semânticos dos OAs somente estão detalhados na rede de ontologias. O modelo de *features* possui uma semântica específica que é apresentar as variabilidades possíveis no domínio. Unindo as duas visões, ou seja, a variabilidade possível no domínio, dada pelo modelo de *features*, e a semântica dos conteúdos e contextos dos OAs, dada pela rede de ontologias, o desenvolvimento e/ou o reuso dos OAs poderão ser facilitados.

O núcleo de artefatos, representado na Figura 2 pela camada *backend*, contém não apenas os objetos de aprendizagem e os seus metadados, mas também fornece as direções para identificá-los e derivar outros artefatos a partir das variabilidades, das redes de ontologias e das necessidades específicas dos usuários. O módulo Gerente de Armazenamento é o responsável pela gerência de versões dos objetos, bem como das configurações a eles associadas. Adicionalmente, a rede de ontologias oferece o suporte para as atividades de busca e recuperação de objetos no núcleo de artefatos. Cabe ao módulo Gerente de Ontologias realizar as buscas na rede de ontologias disponível. Estas atividades contam com o auxílio do módulo Gerente de Variabilidades o qual associa as *features* de cada OA e as informações a eles associadas, por exemplo, “como” e “quando” elas poderão ser aplicadas ao contexto que está sendo trabalhado. Este módulo interage com o Gerente de Armazenamento com o objetivo de recuperar as informações associadas, por exemplo, ao contexto (tecnológico) de utilização do objeto.

A camada Cliente é responsável pela interação com os usuários e implementa o padrão Facade. Seu propósito é fornecer uma interface única com os clientes do sistema, de forma que eles não tenham acesso à estrutura interna do BROAD-PL.

A partir de um modelo de processo (educacional), do modelo de domínio e dos atributos de qualidade associados a este processo, objetos serão selecionados ou compostos para atender às demandas específicas dos usuários. Portanto, existirão relações entre os processos, os modelos e os objetos que deverão ser persistidas no repositório da linha de produto.

5. Estudo Experimental

Para avaliar e refinar a arquitetura do BROAD-PL, através do processo de Wolhin (2000), um estudo experimental inicial foi realizado, considerando-se as seguintes etapas: definição, planejamento, execução do estudo e análise dos resultados.

Definição: essa etapa determina os fundamentos da experimentação e da condução do estudo. O primeiro passo para a definição de uma linha de produtos de software educacional foi a criação de uma ferramenta Easy Tutorial E-learning - EasyT, integrada a infraestrutura BROAD-PL, [Santos et al., 2012] - baseada em mídias, contexto e competências, utilizada na etapa inicial da automação do processo de criação de um OA a partir de outros objetos de aprendizagem, conforme interesses do aluno e de acordo com o plano de conteúdo especificado pelo professor. As questões de pesquisa que definiram o estudo foram:

- É possível a criação de conteúdos educacionais personalizados, através da associação do modelo do estudante e do seu contexto?
- Um modelo de OA hipermídia pode ser representado por conteúdos em diferentes mídias?
- É possível gerar composição semiautomática ou automática de conteúdos educacionais hipermídia?
- Os professores são responsáveis pela organização de situações de aprendizagem que demandem a recomendação personalizada de conteúdos?
- O que LPS, considerando a variabilidade e redes de ontologias, contribui para o reuso e desenvolvimento dos objetos de aprendizagem?

Planejamento: a etapa de planejamento consta de como o estudo será conduzido. Dessa forma foi definida a criação de OA usando a EasyT [Santos et al., 2012] no domínio da Biologia, no contexto do ensino superior. Para modelar este objeto foi utilizado um modelo de features inicial (Figura 3). Conforme o diagrama de *features*, cada página possui a *feature* <Metadados de Página>, a qual não é mandatória. Páginas também podem conter <Recursos> que poderão conter as *features* <Imagem>, <Áudio> ou <Vídeo>. Desta forma poderiam ser selecionadas diferentes OAs em diferentes mídias para compor o objeto de conteúdo sobre a Malária. A *feature* <Metadados EasyT> indica que a ferramenta EasyT deve conter metadados. Apesar do índice, indicado pela *feature* <Índice>, ser gerado automaticamente pela EasyT ele é mandatório.

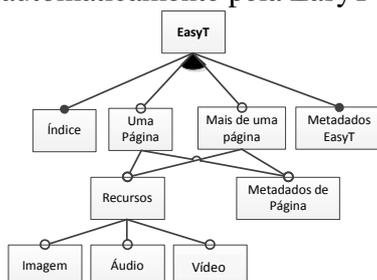


Figure 3. Diagrama de Features do Easy Tutorial E-learning [Santos et al., 2012]

Execução: nessa etapa o estudo experimental é realizado com o propósito de avaliar a ferramenta EasyT. Para tanto, um tutorial foi criado a partir dos objetos disponíveis no repositório BROAD e na Web, seguindo a semântica definida na rede de ontologias. A figura 4 apresenta a criação do OA Malária, do tipo tutorial hiperídia. É importante ressaltar que na execução, a ligação do modelo de *features* com a rede de ontologias foi utilizada, mesmo que ainda de forma manual, realizada pelos desenvolvedores do tutorial.

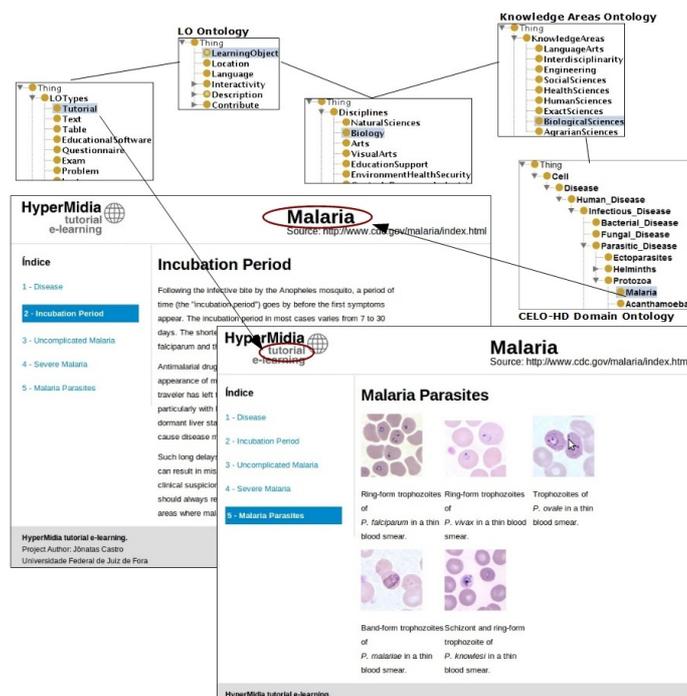


Figura 4 – Objeto de aprendizagem Malária criado com a ferramenta EasyT e sua relação com a rede de ontologias BROADNet

Análise qualitativa e resultados: apesar deste estudo ainda ser inicial, foram realizados outros experimentos de forma *ad-hoc*. Considerando este estudo inicial e resultados parciais dos outros podemos considerar que é possível criar conteúdos educacionais personalizados através de *templates* que facilitem o seu uso. O modelo do estudante e diferentes contextos podem ser contemplados se a ferramenta for flexível para tal. Os objetos de aprendizagem devem ser compostos por diferentes mídias e essa diversidade pode atender a diferentes perfis e contextos. Mesmo partindo de um único modelo de OA a criação semiautomática é viável e poderá colaborar para o reuso dos OA. As características pedagógicas devem ficar a cargo dos professores que irão definir as situações de aprendizagem.

Pelo uso da ferramenta EasyT na criação do objeto de aprendizagem Malária, a estrutura permite a composição de outros OAs considerando: aderência ao conjunto de características definidas, ao perfil do aluno e à pouca necessidade de conhecimentos avançados prévios de computação para criar tutoriais. Esse *template* atende a heterogeneidade de domínios de conhecimento e a evolução do objeto pode ser facilmente implementada e os metadados atualizados.

Considerando as características (*features*) mandatórias, a variabilidade permitida pela linha de produto proposta e a semântica da rede de ontologias, o desenvolvedor de

objetos de aprendizagem tem a possibilidade de criar novos objetos a partir do núcleo comum (*features* obrigatórias do modelo) e selecionando as variações necessárias para cada novo OA, sempre com o suporte da rede de ontologias. O reuso de OA também é facilitado, a partir da seleção das características (*features*) mandatórias para o OA a ser selecionado dentre os OAs previamente armazenados no repositório. Cabe ressaltar que este é um estudo inicial e desta forma foi considerado um único tipo de OA, ou seja, tutorial hipermídia com suas variações conforme pode ser visto na figura 3.

6. Conclusões

O presente projeto é um trabalho em andamento, mas alguns passos importantes já foram finalizados. Essa pesquisa contribuirá para ampliar a utilização de objetos de aprendizagem através de uma sistematização do processo de reutilização e composição. Posteriormente a convergência dos resultados obtidos poderá acelerar a preparação e composição de cursos à distância. Esperamos especificar, projetar, implementar e avaliar uma linha de produtos de software para objetos de aprendizagem. Queremos obter um ambiente para a realização de experimentos realísticos que possam avaliar a infraestrutura BROAD-PL, potencializar a construção de objetos de aprendizagem e depois reutilizá-los para composição de conteúdos contextualizados. Os resultados alcançados com o uso da ferramenta EasyT mostraram-se promissores à possibilidade de produção e reutilização em larga escala dos tutoriais hipermídias, para as diversas áreas do conhecimento e sua personalização para diferentes perfis de usuários. Entretanto, é necessária a definição das *features* mandatórias que contemplem diferentes tipos de objetos de aprendizagem. Reduzir o tempo de desenvolvimento e ampliar a qualidade dos OA é uma tarefa complexa. O sucesso da ampliação do uso e reuso de OAs apoia-se no sequenciamento e composição desses objetos para atingir objetivos educacionais explícitos. A linha de produto de software pode ser uma solução viável, apesar do escopo amplo da área. Tratamos esse problema com a proposta de uma arquitetura para uma linha de produto de objeto de aprendizagem.

Agradecimentos: Ao CNPq, FAPEMIG e UFJF pelo apoio à pesquisa.

Referências Bibliográficas

- Antoniou, G., Harmelen, F. van. (2008) “A Semantic Web Primer”, Cambridge, MA, USA: MIT Press.
- Braga, R. et al., (2011) “EFACTAGENT: Agent architecture for management, search and retrieval of e-learning artifacts”, Proceedings of the IADIS International Conference on WWW/Internet 2011, Rio de Janeiro, Brazil, pp.468-472.
- Burbaite, R., and Stuikeys, V., (2011) “Analysis of Learning Object Research Using Feature-based Models”. In Information Technologies’ 2011, Proceedings of the 17th International Conference on Information and Software Technologies, Lithuania, pp. 201-208.
- Campos, F. et alli. (2012) “BROAD Project: Semantic Search and Application of Learning Objects”, IEEE Technology and Engineering Education (ITEE), Dez., vol.7, n.3.
- Campos, F., Braga, R., Santos, N., Souza, A. C., Mattos, E. and Nery, T. (2011) “Applying Semantics for the Retrieval of Learning Objects on the Web”. In: 4th Brazilian Workshop on Semantic Web and Education in SBIE 2011, Aracaju, pp. 2374-2383.
- Cantelle, R. C. (2009) “Construindo ontologias a partir de recursos existentes: uma prova de conceito no domínio da educação”, Tese (Doutorado).
- Clements, P., Northrop, L. (2001) “Software product lines: practices and patterns”, Addison-Wesley, Boston.

- Damaševičius, R. and Štuikys, V., (2009) “Specification and Generation of Learning Object Sequences for E-learning Using Sequence Feature Diagrams and Metaprogramming Techniques” In: *Advanced Learning Technologies, ICALT 2009*. Ninth IEEE International Conference, July, pp. 572-576.
- dAquin, M., Gangemi, A., Haase, P. (2006) “Definition of Ontology Networks”, *NeOn Book – NeOn Methodology in a Nutshell*. [S.l.: s.n.].
- Knight, C., Gašević, D., Richards, G. (2006) “An Ontology-Based Framework for Bridging Learning Design and Learning Content”, *IEEE Educational Technology & Society*, Vol. 9, No. 1, pp. 23-37.
- Lee, J., Muthig, D., Naab, M. (2008) “An approach for developing service-oriented product lines,” In: *SPLC’08: 12th International Software Product Line Conference*. IEEE Computer Society, pp. 275–284.
- Lee, J., Kang, K. C. (2004) “Feature Binding Analysis for Product Line Component Development”, *Software Product Family Engineering, Lecture Notes in Computer Science*, pp. 266-276, Springer-Verlag.
- Matos, E. E. et al. (2009) “CelOWS: an ontology based framework for the provision of semantic web services related to biological models”, *Journal of Biomedical Informatics*, v. 43, pp. 125-136.
- Medeiros, F. M., de Almeida, E. S., de Lemos Meira, S. R. (2010) “Designing a set of Service-Oriented Systems as a Software Product Line”, *2010 Fourth Brazilian Symposium on Software Components, Architectures and Reuse (SBCARS)*, pp. 70-79.
- Mendes, L. F. et al. (2011) SASAgent: An agent based architecture for search, retrieval and composition of scientific models, *Computers in Biology and Medicine*, v. 1, pp. 1-14.
- OBAA – Projeto de Objetos de Aprendizagem Baseado em Agentes (2012) Disponível em: <http://www.portalobaa.org/>. (Acesso 15/6/2012)
- Palazzi, D.; Matos, E. E. S.; Campos, F.; Braga, R. (2010) “Development Approach for Modeling Biological Ontologies” In: *Joint 5th International Workshop on Vocabularies, Ontologies and Rules for the Enterprise (VORTE)*, Vitória.
- Pernas, A. M., Diaz, A., Motz, R. (2011) “Situations and ontology networks to define adaptive actions in e-learning systems”, *Proceedings of the IADIS International Conference on WWW/Internet 2011*, Rio de Janeiro, Brazil, pp. 237-244.
- Santos, J., David, J. M. N., Campos, F., Braga, R. (2012) “EasyT: Apoiando a Construção de Objetos de Aprendizagem para uma Linha de Produtos de Software”, *VII Confêrencia Latinoamericana de Objetos e Tecnologias de Aprendizagem*, Guayaquil, pp. 1-11.
- Santos, N. et al. (2008) “Digital Libraries and Ontology”. In: Yin-Leng Theng; Schubert Foo; Dion Hoe-Lian Goh; Jin-Cheon Na.. (Org.). *Handbook of Research on Digital Libraries: Design, Development, and Impact*. Hershey, Pensilvania: Idea Group Inc, 2008, v. 1, pp. 206-214.
- Silva, A. et al. (2012) “Uma Linha de Produto de Software baseada na Web Semântica para Sistemas Tutores Inteligentes”. *RBIE V.20 N.1*.
- Silva, L. et al. (2011) “Composer-Science: A semantic service based framework for workflow composition in e-Science projects”. *Information Sciences*, p. 186-208.
- Souza, A. C., et al., (2010) “Metadados Educacionais para Objetos de Aprendizagem: Projeto BROAD”. In: *Congresso Iberoamericano de Informática Educativa*, Santiago. *Anais do RIBIE 2010*, v. 1. pp. 653-659.
- Wohlin, C., et alli. (2000) “Experimentation in Software Engineering: An Introduction”. Springer.
- Zhu X.-J., L. X.-F. W.G. (2007) “Ontology based sharing and services in e-learning repository”, *Proceedings - 2007 IFIP International Conference on Network and Parallel Computing Workshops, NPC 2007*, pp. 957–962.