MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSO DIGITAL DE APRENDIZAGEM: UMA PROPOSTA BASEADA NA GESTÃO DE RISCOS

Marcelo Leme Mamud[1], *Sandra Maria Dotto Stump*[2]

Abstract — *The development of Learning Objects is related to the digital technology, as well as psychology and cognitive science. This paper presents adaptations to the spiral model, in order to support the development of Learning Objects. It is described the risk driven approach, which provides a guideline for the development of learning tools in the current technological context. This paper also shows a case study using the life cycle model proposed. In this case study, it can be seen how the advantages of the risk analysis approach. That is to say, the use of a risk management strategy could collaborate for the achievement of the project requisites, considering the digital development tools in the state of the art.*

Index Terms — *Software Engineering, Educational Software Design, Learning Object, Engineering Education.*

INTRODUÇÃO

A partir da década de 60, o uso de computador como instrumento de auxílio ao processo de aprendizagem, vem sendo discutido por profissionais de engenharia e educadores [1]. Esta discussão ganhou novos elementos a partir dos anos 90, quando o conceito de Objetos de Aprendizagem foi inserido [2]. Desde o início dos estudos sobre o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem o foco era o uso de tecnologias do estado da arte, como por exemplo, recursos multimídia, interatividade, Inteligência Artificial. Porém, o desenvolvimento de sistemas tutores mostrou ser mais complexo, pois está relacionado a fatores de natureza cognitiva, psicológica, entre outros, característicos do processo de aprendizagem [3].

Neste contexto, a Engenharia de *Software* pode contribuir para o encontro de respostas sobre os procedimentos e etapas para a construção de ferramentas de ensino digitais que atendam às expectativas de professores e aprendizes. São estudados os modelos prescritivos de desenvolvimento de *software*, criados com o objetivo de definir um conjunto de tarefas e ações necessárias para atingir as metas de cada projeto [4]. Os modelos prescritivos, como também são conhecidos, fornecem um roteiro útil para a construção de sistemas computacionais, devendo ser adaptados de acordo com o contexto e necessidades particulares [4].

Entretanto, para a construção de Objetos de Aprendizagem, os processos e modelos de desenvolvimento propostos, resultado do estudo no campo da engenharia de *software*, são pouco utilizados. De acordo com pesquisa realizada, cerca de 58% dos Objetos de Aprendizagem são construídos a partir de um modelo de ciclo de vida [5].

Este trabalho apresenta uma proposta de adaptação do modelo espiral [6] para o contexto de desenvolvimento de um Recurso de Aprendizagem, definido neste trabalho como um conjunto de Objetos de Aprendizagem sobre determinado domínio de conhecimento. A gestão de riscos, característica do modelo espiral, tem o objetivo de orientar o desenvolvimento de projetos educacionais no atual contexto tecnológico. Desta maneira, pretende-se otimizar o uso de tecnologias computacionais e metodologias para a criação de Objetos de Aprendizagem.

Este artigo está estruturado da seguinte maneira: Primeiramente, é apresentada uma descrição de trabalhos relacionados. A seção seguinte, mostra as adaptações propostas ao modelo de desenvolvimento espiral, enquanto a seção posterior apresenta, em detalhes, os fatores de riscos identificados envolvendo o uso de tecnologias digitais no contexto educacional. Ainda é descrita a aplicação do modelo de desenvolvimento, e por fim, a última seção apresenta as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

TRABALHOS RELACIONADOS

O modelo de ciclo de vida ADDIE, criado em 1965 e adaptado ao contexto tecnológico atual, é um dos mais utilizados e ainda estudados para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem [5]-[7]. Entretanto, o uso deste modelo mostra que existe uma lacuna entre os aspectos teóricos e práticos da tarefa de construção de um Objeto de Aprendizagem, dificultando o processo de desenvolvimento [8] e [9]. Este fator pode explicar, parcialmente, o motivo pelo qual os modelos de desenvolvimento existentes são pouco usados [5].

Em pesquisa realizada, foi possível verificar que, parte dos modelos de desenvolvimento consideram a avaliação dos Objetos de Aprendizagem, com usuários finais (estudantes), uma estratégia para atingir os objetivos do projeto [10]-[11]-[12]. Entretanto, apesar de conhecidas as necessidades de avaliação de *softwares* educacionais, se trata

1 Marcelo Leme Mamud, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Rua da Consolação, 896, 01302-907, São Paulo, SP, Brasil, mmamud@mackenzista.com.br
2 Sandra Maria Dotto Stump, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Decanato de Pesquisa e Pós-graduação, Rua da Consolação, 896, 01302-907, São Paulo, SP, Brasil, sstump@mackenzie.br

de um processo que envolve o estudo de metodologias existentes, além de recursos humanos (professores, profissionais de desenvolvimento e os usuários - aprendizes) [13], tornando inviável a realização desta atividade em determinados contextos, em que há limitações dos recursos citados.

A evolução da engenharia de *software* permitiu a inserção de mecanismos que contribuem para a qualidade do produto, sem que haja necessariamente a tarefa de avaliação com o usuário durante o desenvolvimento do projeto [14] e [6]. Dentre os métodos, se destaca o modelo espiral proposto por Boehm [6], característico pela gestão de riscos, cujo objetivo é atenuar perdas e falhas durante o uso do *software* [15]. Entretanto, é possível verificar que os modelos de ciclo de vida utilizados no contexto educacional são pouco relacionados à gestão de riscos.

ADAPTAÇÕES AO MODELO ESPIRAL

Em cada ciclo de desenvolvimento foram designadas quatro tarefas, conforme ilustra a figura a seguir (Figura 1).

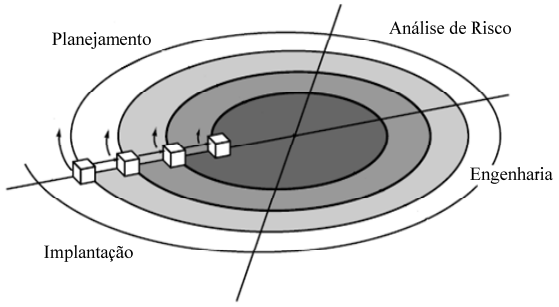

FIGURA. 1
ADAPTAÇÃO PROPOSTA AO MODELO ESPIRAL (ADAPTADO DE [4]).

Conforme ressalta [6], a representação radial do processo de desenvolvimento no modelo espiral é proporcional ao custo e esforço do trabalho a cada ciclo. Os tons graduais de cinza apresentados na figura 1 mostram que no início é tratada a concepção do projeto e nas áreas mais claras o foco está nos estágios mais avançados da implantação do *software*. A seguir são descritas as adaptações propostas no modelo espiral para o desenvolvimento de Recursos de Aprendizagem.

Planejamento

Nesta etapa são definidos os requisitos e objetivos do *software*, assim como o projeto arquitetural do Recurso de Aprendizagem. Devem ser analisadas as seguintes questões [16] e [4]:

- Os problemas e dificuldades que os aprendizes costumam encontrar ao estudar os conceitos associados ao tópico estudado
- Deve ser discutido como a disponibilidade do recurso de aprendizagem pode ajudar os estudantes a lidar com as dificuldades e problemas encontrados durante o estudo
- Deve ser feita uma reflexão de como a ferramenta proposta irá proporcionar a aquisição de conhecimento de forma eficaz
- Os perfis característicos dos usuários que irão utilizar o *software*
- Por fim, recomenda-se uma reflexão sobre outras possíveis soluções para o problema identificado

Os requisitos de um *software* são dinâmicos e, portanto, a cada ciclo é necessária a gestão de requisitos para identificar, controlar, rastrear e estabelecer modificações de especificações durante o projeto.

Após a identificação e gestão de requisitos a tarefa seguinte é a apresentação do projeto arquitetural do Recurso de Aprendizagem. Propõe-se que esta tarefa anteceda a gestão de risco do projeto, pelo fato de facilitar a visualização de alternativas para modificação da concepção do projeto, reduzindo potenciais perdas [4].

Gestão de Risco

A gestão de riscos é uma das principais características do modelo espiral. Esta tarefa segue uma sequência de passos para identificar, entender e administrar incertezas do projeto [15]. O risco pode ser definido como uma incerteza, um problema potencial que pode ocorrer no futuro, levando a uma perda no uso do *software* [4]. Como estratégia proativa para gestão de risco, propõe-se o uso do plano de atenuação, monitoração e gestão de riscos (*Risk Mitigating, Monitoring and Management* – RMMM). Neste plano, alguns dos principais pontos que devem ser avaliados são [4]:

- **Descrição:** Trata-se de uma idéia inicial do risco, uma descrição geral
- **Refinamento:** Neste campo a descrição geral apresentada no item anterior é refinada, onde são definidas subcondições para ocorrência da perda. (Condição – Transição – Consequência)
- **Atenuação/Monitoração:** Para cada subcondição identificada no item anterior são definidas ações para atenuação ou monitoração do risco.

Na seção seguinte, são apresentados os principais fatores de riscos identificados para gerenciamento durante o processo de desenvolvimento de Recursos de Aprendizagem.

Engenharia

A tarefa de engenharia do projeto tem como principal missão a transformação do projeto arquitetural em projeto de interfaces [4]. Este processo é preliminar à caracterização dos componentes do sistema e a implantação do *software* propriamente dita. O estudo da interface refina as especificações do projeto, sendo dividido em: Interface com o usuário; Interfaces externas com outros sistemas ou dispositivos e interfaces internas entre os componentes do próprio projeto.

A interface com o usuário agrega elementos críticos do projeto, onde é definida a utilização de recursos multimídia, interatividade, cores, gráficos e aspectos relacionados com a usabilidade do *software*. Durante a tarefa de engenharia do projeto as especificações mínimas das ferramentas de desenvolvimento são definidas, visando os requisitos do projeto. Após o detalhamento das interfaces do projeto, a etapa seguinte é a especificação de cada componente (elemento) que constitui a arquitetura do *software*. Desta maneira, o nível de especificações permite a implantação de um protótipo ou do produto definitivo.

Implantação

A implantação do protótipo em cada ciclo de desenvolvimento tende a ser algo próximo do produto final. Com isto, é possível verificar o atendimento aos requisitos do projeto, a partir do esquema de navegação pelo Recurso de Aprendizagem em cada ciclo do processo de desenvolvimento [17].

ANÁLISE DE RISCOS

A análise de riscos, parte do processo de gestão, tem como objetivo a caracterização dos principais riscos identificados, fornecendo subsídios para busca de metodologias para atenuação de perdas [18]. Nesta etapa devem ser consideradas todas as tradicionais classes de riscos envolvidos, além dos riscos particulares, identificados conforme a natureza do projeto [15]. Neste trabalho, são descritos os principais riscos identificados, especificamente relacionados à aplicação de tecnologias digitais na educação.

Conteúdo dos Objetos de Aprendizagem

Os elementos multimídia apresentam relevância no desenvolvimento do conteúdo dos Objetos de Aprendizagem, pelo fato de incluir animações, narrações, textos, imagens, entre outros [19]. Uma das principais responsabilidades que a inserção da tecnologia multimídia proporciona é a criação de uma estrutura lógica de conceitos apresentados ao aprendiz. Este fator estimula a aprendizagem significativa, alcançando os objetivos educacionais [1]. Portanto, no desenvolvimento de elementos multimídia, deve-se buscar as metodologias, considerando o perfil e campo de conhecimento específico.

O uso de interatividade pode tornar o Objeto de Aprendizagem pouco eficiente. O excesso do uso de recursos interativos, implica em exaustiva comunicação entre máquina e usuário, tornando a navegação pouco objetiva, desestimulando o aprendiz. Por outro lado, o baixo nível de recursos interativos pode representar má comunicação entre máquina e usuário. Este fato culmina na ausência de um dos fatores mais presentes na educação, podendo comprometer a eficácia do recurso de aprendizagem [3]. Portanto, a equipe de desenvolvimento deve buscar otimizar a comunicação entre o sistema e o usuário.

Usabilidade e Navegação

As metas de usabilidade têm como objetivo garantir que o *software* seja fácil de usar, eficiente e agradável [17]. Estes fatores são fundamentais para aplicações no contexto da educação, em que o relacionamento (interação) entre o sistema e o usuário faz parte do processo de aprendizagem [3]. Para o desenvolvimento de uma ferramenta instrucional é sugerido um estudo dos contextos de aprendizagem e de pré-requisitos dos usuários. Outro aspecto a ser observado quanto à usabilidade do *software* é o planejamento da arquitetura do Recurso de aprendizagem, assim como a seleção das ferramentas tecnologias para seu desenvolvimento e disponibilização ao usuário final. Estes representam fatores que podem comprometer a eficácia e eficiência da ferramenta de estudo. Ainda devem ser consideradas estratégias para tornar a navegação pelos Objetos de Aprendizagem segura e fácil. Esta característica facilita que o aprendiz memorize facilmente como usá-lo, reduzindo as probabilidades de perdas quanto à usabilidade do *software* [17].

A forma como o sequenciamento pelos Objetos de Aprendizagem é conduzida representa uma possível perda da otimização/eficiência do uso da ferramenta de estudo, ao exigir que o usuário se adapte ao sistema. Ao longo da história, pôde-se verificar que ao desenvolver ferramentas de estudos com o foco na tecnologia, os resultados educacionais foram negativos [1]. Devem ser identificadas metodologias de desenvolvimento que permitam a adaptação da navegação pelos Objetos de Aprendizagem conforme pré-requisitos, interesses de estudo ou estilo de aprendizagem de cada usuário.

Pedagógico

No início dos estudos sobre Objetos de Aprendizagem, a principal característica estudada era a reusabilidade e seus aspectos computacionais, entretanto, conceitos pedagógicos eram pouco discutidos [16]. A hierarquia de conceitos influi diretamente no seqüenciamento de Objetos de Aprendizagem, i.e., a sequência para apresentação dos conceitos aos aprendizes contribui para a criação de uma estrutura lógica na mente do estudante, facilitando a aprendizagem. Portanto, a equipe de desenvolvimento deve adotar critérios de sequenciamento levando-se em consideração a ordem de apresentação do escopo de conceitos (ordem causa-efeito, ordem cronológica, ordem de complexidade crescente, entre outras) [20]. Neste contexto, a análise crítica da forma como os conceitos se relacionam é fundamental para evitar o risco inerente ao sequeciamento ineficaz dos objetos de aprendizagem. Esta análise envolve o estudo do grau de dependência ou conflito entre os conceitos, para melhor agrupamento e disponibilização ao estudante.

Reusabilidade

A propriedade de uso e reuso de um objeto de aprendizagem em diferentes contextos é inerente à definição dada pelo IEEE [21], portanto, estes requisitos devem ser mantidos. O baixo nível de granularidade pode comprometer o reuso de um objeto de aprendizagem, devendo ser um tópico para estudo da equipe de desenvolvimento. Outro ponto que pode comprometer a reusabilidade do Objeto de Aprendizagem é a não inserção de metadados, tornando a busca em repositórios mais complexa.

A interoperabilidade representa outro fator de risco ao reuso do objeto de aprendizagem, pois compromete a disponibilização deste em plataformas de gerenciamento de ensino, por exemplo. O risco associado à interoperabilidade pode comprometer e prejudicar o reuso do objeto de aprendizagem em diferentes contextos de ensino.

ESTUDO DE CASO: DESENVOLVIMENTO DE UM RECURSO DE APRENDIZAGEM

A aplicação do Modelo de Desenvolvimento proposto foi realizada a partir do projeto de implantação de um Recurso de Aprendizagem sobre Amplificadores Ópticos EDFA.

Ciclo de Desenvolvimento 1

A partir da observação das dificuldades encontradas por estudantes da área, foi possível determinar os requisitos do projeto. Um dos principais problemas no estudo de EDFA é a abordagem matemática. Deste modo, os objetos de aprendizagem devem apresentar os conceitos de forma qualitativa, evitando o estudo de modelos matemáticos, que devem ser abordados em etapas mais avançadas do estudo dos amplificadores EDFA.

Outro requisito do projeto é a adaptação da navegação pelos objetos de aprendizagem de forma a se moldar ao pré-requisito de cada estudante. Este requisito foi considerado fundamental, dada a ampla diversidade de pré-requisitos dos usuários do sistema. Isto também implica que a navegação pelo recurso de aprendizagem deve ser de forma amigável ao aprendiz, não exigindo do usuário um nível avançado de conhecimento em informática como pré-requisito.

A tarefa seguinte, dentro da etapa inicial do desenvolvimento foi a proposta da arquitetura do *software*, que neste primeiro ciclo foi dividida em quatro componentes. O objetivo dos quatro componentes da arquitetura foi, respectivamente, proporcionar noções introdutórias dos amplificadores EDFA; abordar os princípios de funcionamento dos amplificadores EDFA; introduzir características e parâmetros de projeto dos amplificadores e, por fim, propor uma atividade de simulação computacional.

A gestão de riscos, por meio da metodologia RMMM [4], culminou no disparo de atividades para atenuação de eventuais perdas. A Tabela 1 resume as principais atividades realizadas para monitoramento dos riscos. Os detalhes e princípios das metodologias de desenvolvimento aplicadas podem ser vistos em [22].

TABELA I
AÇÕES PARA MONITORAMENTO DOS RISCOS

Identificação de Risco	Principais Ações para Mitigar os Riscos
Conteúdo dos Objetos de Aprendizagem	1) Metodologia multimídia baseada na teoria de aprendizagem significativa 2) Limitação da interatividade, transmissão do conteúdo de forma objetiva.
Pedagógicos	1) Conceitos foram apresentados como uma relação de causa-efeito 2) Hierarquia de conceitos: Introdução + Entendimento + Construção
Reusabilidade	1) Buscar alto nível de granularidade, onde cada Objeto de Aprendizagem representa um conceito dentro do tema (EDFA) 2) Inserção de metadados, conforme padrão IEEE-LOM (SCORM) 3) Adoção de padrão de interoperabilidade (SCORM), possibilitando implantação em Plataformas LMS
Usabilidade e Navegação	1) Inserção de dispositivos de instruções e ajuda à navegação 2) Manutenção de um padrão de procedimentos de navegação 3) A granularidade (subdivisão dos conceitos) foi utilizada como estratégia para que o usuário navegue pelos Objetos de Aprendizagem de necessidade/interesse

Ao revisar os requisitos do projeto, por meio do uso do protótipo desenvolvido, foi constatada a necessidade de um módulo de auxílio à navegação, facilitando a adaptação do Recurso de Aprendizagem à necessidade de cada usuário.

Ciclo de Desenvolvimento 2

A partir dos Objetos de Aprendizagem desenvolvidos no primeiro ciclo, o objetivo do ciclo 2, foi construir um sistema especialista para identificar possíveis lacunas dos conceitos, pré-requisitos para a realização da atividade de simulação computacional. Desta maneira, o sistema especialista assume a função de consultor dos Objetos de Aprendizagem que cada usuário deve estudar, visando o objetivo da simulação computacional.

Entretanto, por meio do rastreamento dos requisitos do projeto, verificou-se que o sistema especialista e a navegação pelos objetos de aprendizagem não ocorre de forma integrada, podendo prejudicar a facilidade de uso do sistema. Este fator deu inicio a terceira etapa de desenvolvimento do projeto.

Ciclo de Desenvolvimento 3

A terceira etapa de desenvolvimento do recurso de aprendizagem teve como principal objetivo a manutenção do monitoramento dos riscos identificados nas etapas iniciais do projeto, e ainda foram feitas modificações para atenuação de

fatores de riscos específicos identificados previamente no segundo ciclo de desenvolvimento.

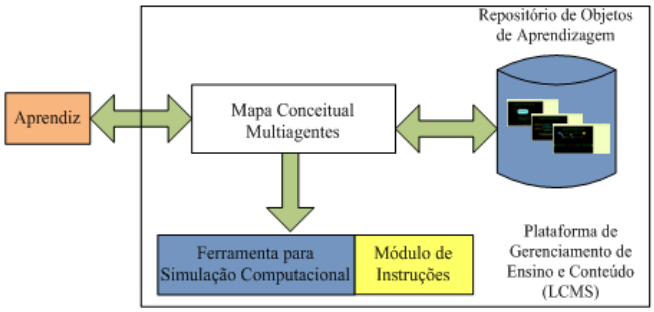

FIGURA. 2
ARQUITETURA PROPOSTA NO TERCEIRO CICLO DE DESENVOLVIMENTO.

De acordo com estas observações, na etapa três foram propostas as seguintes modificações na arquitetura do projeto (Figura 2). Foi utilizada a tecnologia de mapas conceituais e sistemas multiagentes, integrados aos Objetos de Aprendizagem. Os agentes, inseridos em cada nó do mapa, têm a missão de atuar sobre o ambiente de aprendizagem, sugerindo o estudo e acesso aos Objetos de Aprendizagem mais apropriados, conforme os resultados sobre o perfil do usuário [22].

A gestão de risco do Recurso de Aprendizagem mostra a mitigação dos riscos identificados no modelo de desenvolvimento proposto, atingindo o objetivo do projeto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão de riscos apresentadas permite que os desenvolvedores possam ter subsídios para buscar e avaliar metodologias mais apropriadas para a construção de *software* aplicado ao contexto educacional.

O foco na gestão de risco proporcionou uma orientação de como lidar com as tecnologias disponíveis e metodologias existentes relacionadas ao campo educacional. Desta forma, o desenvolvimento do Recurso de Aprendizagem EDFA foi implementado, cumprindo com os requisitos de projeto. Entretanto, os riscos identificados devem ser atualizados constantemente, de forma a se adaptar às inovações tecnológicas.

Como proposta para trabalhos futuros, propõe-se a aplicação do modelo de desenvolvimento proposto, a profissionais da área de desenvolvimento de *software*, com o objetivo de validar as conclusões obtidas a partir do estudo de caso realizado neste trabalho.

REFERÊNCIAS

[1] Mayer, R. (2001). Multimedia Learning. Cambridge University Press.

[2] Lago, A., Santanché, A., Almeida, P. Filho, P. (2007). Objetos Digitais Complexos na Educação e os Objetos de Aprendizagem. In: *XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE).*

[3] Netto, A. (2004). IHC: Modelagem e Gerência de Interfaces com o Usuário. Editora Visual Books.

[4] Pressman, R. (2006). Engenharia de Software. Editora Mc Graw Hill.

[5] Machado, M., Marcelino, L., Mustaro, P. (2008). Measurement of Resources and Investments for Develop Digital Learning Objects. In *Proceedings of the Information Science & IT Education Conference.*

[6] Boehm, B. (1988). A Spiral Model of Software Development and Enhancement. In *IEEE Computer Vol 21, no 5.*

[7] Cisco Systems (2003). Reusable Learning Object Strategy: Designing and Developing Learning Objects for Multiple Learning Approaches.

[8] Genskowsky, L., Medanic, P. (2009). Propuesta Medotológica para Crear Cursos em Modalidad B-learning. In *Simposium Iberoamericano de Educación Cibernética e Informática* (SIECI).

[9] Catalan, V., Neutzling, A., Martinato, L., Treumann, M., Silveira, D. (2008). Consulta de Enfermagem: Criação e Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem. In *Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS).*

[10] Oliveira, E., Nelson, M., Ishitani, L. (2007). Ciclo de vida de objetos de aprendizagem baseado no padrão SCORM. In *XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE).*

[11] P. N. Mustaro, I. F. Silveira, N. Omar, S. M. D. Stump, "Structure of Storyboard for Interactive Learning Objects Development", In Koohang, A. & Harman, K. (Eds.), Learning Objects and Instructional Design (pp. 253-280), Santa Rosa, California, Informing Science Press, 2007.

[12] Boyle, T. (2006). The Design and development of second generation learning objetcs. In *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications.*

[13] Batista, S., Barcelos, G., Rapkiewicz, G., Hora, H. (2004). Avaliar é preciso: o caso de softwares educacionais de matemática para o ensino médio. In *Workshop de Ciências da Computação e Sistemas da Informação da Região Sul.*

[14] Bhandari, I., Halliday, M., Tarver, E., Brown, D., Chaar, J., Chillarege, R. (1993). A Case Study of Software Process Improvement during Development. In *IEEE Transactions on Software Engineering Vol. 19, no. 12.*

[15] Sommerville, I. (2003). Engenharia de Software. Editora Addison Wesley.

[16] Boyle, T., Cook, J., Windle, R., Wharrad, H., Leeder, D., Alton, R. (2006). An Agile Method for Developing Learning Objects. In *23rd annual ascilite conference.*

[17] Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H. (2004). Design de Interação: Além da Interação Homem Computador. Editora Bookman.

[18] Nogueira, M. (2009). Engenharia de Software: um framework para a Gestão de Riscos em projetos de software. Editora Ciência Moderna.

[19] Monteiro, B., Cruz, H., Andrade, M., Gouveia, T., Tavares, R., dos Anjos, L. (2006). Metodologia de desenvolvimento de objetos de aprendizagem com foco na aprendizagem significativa. In *XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE).*

[20] IMI – Development of Interactive Multimedia Instruction – Part 3 of 5. US Department of Defense Handbook. (2001).

[21] IEEE (2002). Draft Standard for Learning Objects Metadata.

[22] Mamud, M., Stump, S. (2009). Development of an Intelligent Learning Resource about Optical Communications using Computer Simulation. In: Proceedings of Education & Training in Optics & Photonics.