

Linhas de Produto de Software no Domínio Educacional: Um Mapeamento Sistemático

Anderson S. Marcolino, Ellen Francine Barbosa

¹Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
Universidade de São Paulo (ICMC-USP) – Departamento de Sistemas de Computação
Caixa Postal 668 – 13560-970 – São Carlos – SP – Brasil

andersonmarcolino@usp.br, francine@icmc.usp.br

Abstract. *Software product line (SPL) allows a de facto reuse of software artifacts. In educational domain, the benefits obtained by the adoption of SPL methodology may bring significantly improvements. In order to identify existing SPLs and their technological characteristics for general educational purpose and to teach programming, a systematic mapping was conducted. The results revealed seven educational lines in different domains, the main limitations that motivated their conception and mapping tools and approaches used in the phases of development and manage the SPLs, that could be adopt to supports the conception of new ones. Finally, trends such as the need to develop global and integrated SPLs and gaps, such as a lack of exploration in domain of teaching and learning programming, shows itselfs atractives to conduct further researches.*

Resumo. *Linhas de produto de software (LPS) permitem a reutilização de fato, de artefatos de software. No contexto educacional, os benefícios agregados pela adoção de tal metodologia podem trazer melhorias significativas. A fim de identificar as LPSs existentes e suas características tecnológicas, tanto para o domínio educacional em geral, quanto para o domínio de ensino de programação, um mapeamento sistemático foi conduzido. Os resultados evidenciaram sete linhas educacionais em domínios diversos, as principais limitações que motivaram suas concepções, e o mapeamento de ferramentas e abordagens nas diferentes fases de concepção e gerência de linhas, que podem ser utilizadas como apoio no desenvolvimento de novas linhas de produto. Finalmente, tendências como a necessidade de desenvolvimento de LPSs globais e integradas, e lacunas, como a inexploração do domínio de ensino e aprendizagem de programação, mostram-se atrativas para a condução de novas pesquisas.*

1. Introdução

A metodologia de reutilização de software conhecida como Linha de Produto de Software (LPS) agrega diversos benefícios na sua adoção, permitindo o desenvolvimento mais rápido e com menor custo de diferentes produtos de software [Oliveira Junior et al. 2010]. Tais produtos, compostos por características relacionadas estritamente às solicitações dos usuários e mantidas em um repositório central, denominado núcleo de artefatos, resultam em produtos de software que atendam mais precisamente os requisitos solicitados [Clements and Northrop 2002].

No domínio de ensino e aprendizagem, assim como outros domínios educacionais, há diversos elementos que favorecem o desenvolvimento de produtos diversificados por

meio de LPSs. Procura-se, assim, o atendimento das especificidades dos usuários de modo a contribuir tanto para a melhoria no processo educacional quanto para a evolução facilitada dos produtos desenvolvidos. De fato, para atender novos requisitos advindos de diferentes currículos e estratégias didático-pedagógicas, basta direcionar esforços para desenvolver pontualmente as novas solicitações e incluí-las no núcleo de artefatos, com os demais artefatos pré-existentes.

Este trabalho tem como objetivo descrever um mapeamento sistemático para: (i) identificar as LPSs de domínio educacional, e em especial, a existência de possíveis linhas para o ensino de programação; (ii) as técnicas e ferramentas utilizadas na concepção das mesmas; (iii) avaliações submetidas; e (iv) lacunas existentes. Os resultados evidenciam a incipiência de LPSs para o domínio de ensino de programação e poucos resultados no domínio educacional, em geral. A escassez de estudos leva a questionamentos e identificação de lacunas, com novas possibilidades de pesquisa para que LPSs possam ser efetivamente aplicadas no domínio educacional.

Este artigo está organizado como segue. A Seção 2 apresenta as fases de concepção do mapeamento, descrevendo seu planejamento, execução e extração de dados. A Seção 3 apresenta os resultados, as respostas para as questões de pesquisa e as lacunas encontradas. Por fim, a Seção 4 apresenta as conclusões e os trabalhos futuros.

2. Mapeamento Sistemático: Metodologia, Planejamento e Execução

A Engenharia de Software Baseada em Evidências (ESBE) tem levado à condução de estudos sistemáticos para identificação de evidências sobre assuntos alvo, sobretudo pela condução de mapeamentos e revisões sistemáticas [Kitchenham and Charters 2007]. Um mapeamento sistemático de literatura é um método que tem como objetivo evidenciar o objeto de estudo, categorizando-o, seja por meio de mapas de resultados ou tabelas, com uma análise geral, revelando lacunas e tendências a serem exploradas [Petersen et al. 2008]. Para a condução deste mapeamento sistemático foram seguidas as diretrizes propostas por [Kitchenham and Charters 2007] e indicações de [Biolchini et al. 2005].

2.1. Questões de Pesquisa

Quatro questões de pesquisa foram definidas para atingir-se o objetivo deste mapeamento:

Q1. Quais as LPSs existentes na literatura que atendem o desenvolvimento de software educacional para apoiar o ensino e aprendizagem em diversos domínios?

Q1.1 Alguma delas atende ao domínio de ensino e aprendizagem de programação?

Q2. Quais as especificações técnicas das LPSs identificadas?

Q3. Quais dificuldades e/ou problemas têm sido enfrentados em LPS sob a perspectiva de ensino e aprendizagem?

Q4. De que forma as LPSs existentes têm sido avaliadas?

Com base nestas questões o critério PICOC (*population, intervention, comparison, outcome, context*) [Petticrew and Roberts 2006] foi definido, permitindo, juntamente com as indicações de professores, estudos sobre LPSs e execução piloto, especificar os termos de busca para serem aplicados nas bibliotecas digitais e bases indexadas (ACM, IEEE, Science Direct e Scopus). Os principais termos utilizados foram: “*software product line*”,

“education”, “educational”, “eletronic learning”, “mobile learning”, “television learning”, “distance learning” e “blended learning”, com sinônimos e derivações. A aplicação dos termos de busca direcionados aos títulos e resumos ocorreu no período de dezembro/2014 e janeiro/2015.

Para auxiliar nas fases de seleção preliminar e final, foram definidos critérios de inclusão e exclusão, eliminando estudos primários incongruentes aos objetivos do mapeamento. Os critérios de inclusão estão diretamente relacionados aos estudos que respondem às questões do mapeamento descritas. Já os critérios de exclusão contemplam: (i) estudos que não apresentam o conceito de LPS aplicado ao ensino e aprendizagem em diferentes domínios; (ii) estudos resumidos; (iii) estudos duplicados; e (iv) estudos que não puderam ser recuperados.

Com a aplicação dos termos de busca nas respectivas bases, 116 estudos foram recuperados. Destes, seis estavam duplicados. Os 110 estudos considerados inéditos passaram então pelo processo de seleção preliminar, ou seja, leitura do título, palavras-chave, resumo e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. Um total de 104 estudos foram descartados nesta etapa e 12 foram considerados para a seleção final. A Tabela 1 apresenta a quantidade de estudos, no decorrer das fases de seleção, por base de busca. O protocolo completo deste mapeamento está disponível em <https://goo.gl/Q70pL1>, incluindo todos os estudos primários recuperados e os critérios de exclusão que justificam a não seleção dos mesmos.

Tabela 1. Estudos Primários Recuperados por Base de Busca.

#	Base	Qtd.	Descartados (Seleção Preliminar)	Seleção Preliminar	Descartados (Seleção Final)	Seleção Final
1	ACM	21	20	1	1	0
2	IEEE	37	30	7	2	5
3	Science Direct	36	35	1	0	1
4	Scopus	22	19	3	0	3
5	Manual	1	–	–	–	1
	Total	116	104	12	3	10

Na etapa de seleção final todos os estudos foram lidos na íntegra. Dos 12 estudos, três foram descartados e nove (8,18% dos 110 estudos recuperados) foram considerados para a aplicação da técnica de *snowballing* [Jalali and Wohlin 2012], para identificar possíveis estudos primários relevantes em suas referências. Indicações de especialistas na área também foram consideradas. Assim, um estudo foi adicionado manualmente, totalizando dez estudos para a extração de dados e resposta às questões de pesquisa. A Tabela 2 apresenta os dez estudos selecionados.

Após a aplicação dos termos de busca nas bases e a seleção preliminar e final dos estudos, foi realizada uma análise dos dez estudos recuperados para responder as questões de pesquisa. A ferramenta JabRef¹ foi utilizada para armazenamento das referências.

Como limitações na condução deste mapeamento destaca-se a possibilidade de perda de algum trabalho relevante e a exclusão de algum estudo indevidamente. Contudo, para mitigar esses problemas, na análise dos termos por execuções piloto procurou-se abranger e delimitar estudos alinhados aos objetivos do mapeamento e os trabalhos

¹jabref.sourceforge.net/

Tabela 2. Estudos Primários Seleccionados Ordenados por Ano.

Id	Título	Referência	Ano	Venue
E01	Towards the Establishment of a Software Product Line for Mobile Learning Applications	[Falvo Júnior et al. 2014]	2014	Int. Conf. on Software Engineering and Knowledge Engineering.
E02	Building Families of Software Products for E-Learning Platforms: A Case Study.	[Sanchez Barreiro et al. 2014]	2014	Iberoamericana Tech. Learning Journal.
E03	ISE-SPL: Uma Abordagem Baseada em Linha de Produtos de Software aplicada a geração Automática de Sistemas para Educação Médica na Plataforma E-learning.	[Carvalho et al. 2013]	2013	Journal of Biomedical Engineering.
E04	What Makes it Hard to Apply Software Product Lines to Educational Technologies?	[Chimalakonda and Nori 2013]	2013	Int. Workshop on PL Apc. in Software Engineering.
E05	A Software Engineering Perspective for Accelerating Educational Technologies.	[Chimalakonda and Nori 2012b]	2012	Int. Conf. Advanced Learning Tech.
E06	Accelerating Educational Technologies Using Software Product Lines.	[Chimalakonda and Nori 2012a]	2012	Int. Conf. Tech. Enhanced Education.
E07	Software Product Line Engineering for E-learning Applications: A Case Study.	[Sanchez et al. 2012]	2012	Int. Symp. Comp. in Education.
E08	The Design of Codeless E-learning Animation Materials Developing Platform.	[Zhou et al. 2009]	2009	Int. Conf. Machine Learning and Cybernetics.
E09	Product Lines for Digital Information Products.	[Oberweis et al. 2007]	2007	Journal of Information Systems.
E10	Aspect-oriented re-engineering of e-learning courseware.	[Pankratius et al. 2005]	2005	Journal of Learning Organization.

recuperados foram cuidadosamente analisados e seus critérios de exclusão identificados, respectivamente.

3. Análise dos Resultados

O gráfico da Figura 1 apresenta a distribuição temporal dos dez estudos seleccionados, compreendendo o período de 2005 a 2014. A maioria deles concentra-se no ano de 2012, correspondendo a três estudos. Todos os estudos foram publicados em eventos diferentes e em uma perspectiva de LPSs, os dez estudos apontam para um total de sete linhas. Os estudos [E02] e [E03] convergem para uma única proposta, o mesmo é observado com os estudos [E04], [E05] e [E06]. A seleção de mais de um estudo por proposta/autores deve-se a complementação das especificações das LPSs, o que permitiu responder de modo mais completo as questões de pesquisa.

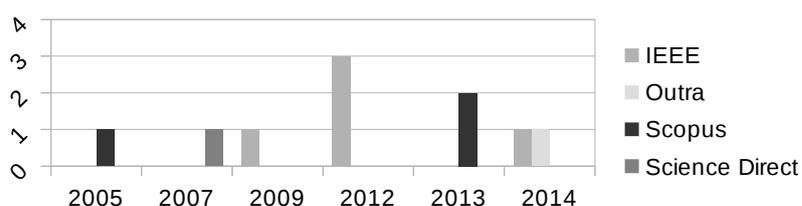


Figura 1. Quantidade de Estudos Seleccionados por Ano e Base.

3.1. Discussão das Questões de Pesquisa

Q1. Quais as propostas existentes de LPSs na literatura, que atendem o desenvolvimento de software educacional para apoiar o ensino e aprendizagem em diversos domínios?

Sete LPSs educacionais foram identificadas no apoio ao ensino e aprendizagem de modo geral. Em [E02] por meio de refatoração, os autores desenvolveram uma LPS utilizando artefatos extraídos de uma aplicação de mineração de dados chamado *E-learning Web Miner* (EIWM). O EIWM fornece informações úteis aos instrutores na educação virtual para que o processo de ensino e aprendizagem possa ser aprimorado. A linha gera,

portanto, produtos que realizam a mineração de informações com diferentes configurações e contextos para ambientes *e-learning*.

Além disso, os autores também indicam que a adoção de LPS traz benefícios apenas quando se pretende desenvolver uma significativa variação de sistemas de software. Em última instância, indicam que o domínio de *e-learning*, devido ao grande número de instituições educacionais existentes no mundo, e cada uma com suas particularidades, torna a adoção de LPS essencial para a concepção de aplicações auxiliares para essas plataformas.

Em *Codeless e-learning Animation Materials Developing Platform* [E08], é proposta a criação de uma LPS para o desenvolvimento de materiais de animação para ambientes *e-learning*, nos quais os usuários podem construir animações de modo colaborativo, por meio de interações com componentes, sem a necessidade de escrever código. A existência de cinco tipos de materiais didáticos (texto, figuras, vídeo, áudio e animação), conforme definido pelo comitê da IEEE de padrões tecnológicos de aprendizagem [IEEE 2002], requer atenção e conseqüentemente recursos para o seu desenvolvimento. Entre eles destacam-se os materiais com efeitos visuais e interações, que podem estimular o interesse dos estudantes, aprimorando a compreensão em experiências de aprendizagem.

Em [E03] é apresentada a concepção de uma abordagem baseada em LPS aplicada à geração automática de sistemas para educação médica para plataforma *e-learning*, denominada *Interactive Spaced-Education* (ISE-SPL). Utilizando a ferramenta *Interactive Spaced-Education* (ISE), os autores desenvolvem a LPS para geração automática de sistemas do tipo ISEs.

Em [E04, E05, E06] propõe-se uma abordagem denominada *Towards Automating the Development of a Family of eLearning Systems* (TALES) para a criação de uma LPS voltada à alfabetização, por meio de mineração de artefatos de nove sistemas *e-learning* existentes, todos desenvolvidos por equipes geograficamente distribuídas e com processos de desenvolvimento específicos. Essa proposta atende 284 milhões de pessoas na Índia, ensinando 22 dialetos provenientes da língua indiana.

Como problemas enfrentados, destacam-se: (i) inconsistências na estrutura dos produtos e no processo de desenvolvimento dos mesmos; (ii) ausência de disponibilização de componentes padronizados para a montagem e customização de sistemas *e-learning*; (iii) retrabalho, em termos de compreensão e desenvolvimento de domínio; e (iv) dificuldade no compartilhamento de conhecimento e transferência de ideias entre as diferentes equipes.

Em [E05], os autores discutem a proposta de aprimorar o uso de LPS no domínio educacional. Já em [E06] os autores apresentam o perfil da pesquisa, em um nível mais resumido. Em última instância, é percebida a ocultação de detalhes técnicos, como o próprio autor relata, limitando a utilização de conceitos utilizados nos trabalhos em outros nichos.

A abordagem denominada *Product Lines for digitAl iNformation producTs* (PLANT), apresentada em [E09], aplica conceitos de LPS para produtos de informação digital (DIPs). A abordagem gerencia as similaridades de DIPs por meio da definição de requisitos comuns, limita as variabilidades antecipadamente, assim como planeja e coordena o reuso. Resumidamente, trata-se de uma abordagem para a concepção de DIPs em diferentes domínios.

O domínio educacional, mais precisamente relacionado a *e-learning*, é utilizado para os exemplos de aplicação do PLANT. Nesse contexto, os DIPs são conhecidos como objetos de aprendizagem (OAs). Os autores destacam que, no campo da educação, as LPSs não se limitam apenas em tornar o reuso possível e mais eficiente para conteúdos ou informações, mas servem também como motivação prática para que conceitos possam ser desenvolvidos posteriormente.

Em [E10] é proposto um processo de reengenharia orientado a aspectos de materiais educacionais *e-learning*. Utilizando programação orientada a aspectos, os interesses transversais são extraídos de materiais educacionais existentes, tornando-se componentes que, incluídos em uma LPS, fornecem um arcabouço global para coordenar a reengenharia e reuso destes. No contexto do estudo, os autores utilizaram o processo de reengenharia para extrair os aspectos dos OAs existentes e produzir um OA padronizado, que não contém a parte dos aspectos extraídos. Um aspecto pode conter partes extraídas de diferentes OAs, com informação necessária para integrá-los novamente. Desse modo, os autores desenvolvem uma abordagem de reengenharia baseada em modelos já existentes.

Em [E01] é apresentada a proposta de uma LPS para aplicações móveis educacionais (*m-learning*), denominada M-SPLearning. Seguindo o paradigma proativo de desenvolvimento, com arquitetura orientada a serviços (SOA), a proposta contempla também um catálogo de requisitos para o domínio educacional, na modalidade *m-learning*, o modelo de características e a arquitetura utilizada.

Q1.2 Alguma LPS atende ao domínio específico para o ensino e aprendizagem de programação?

Como observado nos estudos primários, nenhuma das LPSs propostas foi desenvolvida para promover especificamente o ensino e aprendizagem de programação.

Nota-se que, do total de sete linhas, uma desenvolve ambientes integrados para o desenvolvimento de materiais educacionais de animação, no domínio das disciplinas de física, química, matemática e geografia; uma desenvolve produtos digitais de informação (slides, *ebooks*, etc) para domínios educacionais diversos; uma propõe a reengenharia de OAs para a criação de objetos melhor padronizados, também para domínios diversificados. Uma proposta permite a criação de sistemas *e-learning* no domínio de alfabetização de dialetos indianos; uma na criação de *e-learning*s, no domínio de educação médica e, finalmente, uma proposta provê a criação de ambientes móveis de aprendizagem, também para domínios educacionais diversos. Neste contexto, entende-se como domínios educacionais diversos a indicação de atender, pelos produtos/materiais desenvolvidos nas linhas, diferentes disciplinas.

Q2. Quais as especificações técnicas das LPSs que apoiam o desenvolvimento de produtos de software, no processo de ensino e aprendizagem?

Para responder esta pergunta, a Tabela 3 resume, por proposta, as tecnologias utilizadas. Para melhor identificar quais etapas da LPS elas apoiam, estas foram classificadas em uma das três fases: (1) engenharia ou gerenciamento da família: fase que designa o processo de gerenciamento organizacional e técnico da LPS; (2) engenharia de domínio: responsável pela criação e gerência do núcleo de artefatos (similaridades e variabilidades); e (3) engenharia de aplicação: fase na qual os produtos são instanciados por meio dos artefatos provenientes da fase anterior.

Tabela 3. Tecnologias Adotadas.

Id	Referência	Abordagem de Concepção	Eng. de Família	Eng. Domínio	Eng. Aplicação	Outras Tecnologias
1	E01	P	?	Catálogo de requisitos no domínio móvel [Filho and Barbosa 2013], SMarty [Oliveira Junior et al. 2010], FODA [Kang et al. 1990], FODA [Kang et al. 1990], Hydra tool, <i>Epsilon generation Language</i> [Rose et al. 2008].	<i>Representational State Transfer</i> (REST), Java, Android.	Service-Oriented Architecture (SOA).
2	E02, E07	E	?	FODA [Kang et al. 1990].	?	HTML, AJAX, dynamic web pages.
3	E03	E, P	?	FODA [Kang et al. 1990].	<i>Software product lines Online Tools</i> (S.P.L.O.T.).	Django, Python, PostgreSQL.
4	E04, E05, E06	E	?	?	eScript tool (reference not found).	<i>Java Script Flash Language</i> (JSFL), visual basic e C++.
5	E08	?	?	?	?	<i>Codeless development</i> .
6	E09	P	?	?	<i>desktop workflow engine</i> (DWE).	Regras de derivação, gramática, e o <i>Query and program EXecution Nets</i> (QX Nets) [Van Der Aalst and Van Hee 2004].
7	E10	E	Sistema de gerenciamento de configuração e comparação (CCMS).	?	?	Aspect Oriented Programming (AOP), Reengenharia, Engenharia Reversa.

P-Proativa, E-Extrativa, R-Reativa, ?-Não especificada.

A primeira coluna “Abordagem de Concepção” indica qual(is) o tipo(s) de abordagem(ns) são empregadas nas linhas [Krueger 2002]. Como exceção às demais, a abordagem de [Zhou et al. 2009] não especifica o tipo de abordagem utilizada.

A coluna “Outras Tecnologias” resume as tecnologias utilizadas, que não foram possíveis serem classificadas em uma das três fases da concepção e gerência de LPSs. Nota-se que, para a fase de gerenciamento da família de produtos, apenas uma abordagem relata um sistema utilizado para o gerenciamento de configurações, no caso, o CCMS. Para as demais fases, os estudos pontuam a utilização da abordagem *Feature-oriented domain analysis* (FODA), na qual o modelo de características é definido e tecnologias e ferramentas específicas adotadas.

Q3. Quais dificuldades e/ou problemas têm sido enfrentados em LPS sob a perspectiva de ensino e aprendizagem?

A Tabela 4 apresenta o mapeamento das abordagens em relação aos principais problemas relatados nos trabalhos primários recuperados. Para facilitar a identificação dos problemas e sintetizar os resultados, seis categorias foram criadas: custos, esforços, ausência de padrões, incipiência no domínio explorado, dificuldades no desenvolvimento, e outros problemas (não incluídos nas categorias anteriores).

Tabela 4. Problemas Mapeados por LPS.

Id	Estudo	Custo	Esforços	Padronização	Domínio	Desenvolvimento	Outros Problemas
1	E01	X	X	X	X	X	
2	E02, E07		X	X	X		
3	E03		X			X	
4	E04, E05, E06	X	X	X		X	
5	E08				X	X	
6	E09	X		X		X	
7	E10		X	X		X	X

O “X” relaciona o problema (coluna) com o respectivo trabalho (linha).

A coluna “Outros Problemas” concentra o problema indicado no estudo de [Pankratius et al. 2005]. Seu estudo especifica a reengenharia de materiais educacionais e como problema e justificativa para sua proposta indica a transversalidade de conteúdos entre diferentes OAs: um mesmo conteúdo espalhado por vários OAs, dificultando

atualização e centralização das informações quanto a esses.

Q4. De que forma as LPSs existentes têm sido avaliadas?

Apenas dois estudos primários apresentaram alguma iniciativa de validação/avaliação das linhas nos estudos recuperados. [Carvalho et al. 2013] faz a validação da LPS em duas etapas: (1) utilizando a ferramenta S.P.L.O.T., que avalia o modelo de características da linha; e (2) avaliando o processo de criação dos produtos com a participação de 30 docentes da área de saúde. Contudo, a avaliação com os profissionais resume-se no registro e análise do tempo e da facilidade no processo de concepção de produtos por meio da LPS. Não há indicação de técnicas estatísticas ou de comparações dos produtos gerados com outros já existentes.

[Falvo Júnior et al. 2014], também com o intuito de validar as características levantadas na análise de domínio, aplicou um questionário com 20 especialistas da área de LPS e *m-learning*, promovendo então ajustes no catálogo de requisitos inspecionado. Os demais trabalhos não apresentam validação, porém alguns indicam como pretensão futura a realização de avaliações experimentais.

3.2. Discussões Gerais e Lacunas Encontradas

Os estudos primários selecionados atendem a diferentes domínios no contexto educacional. A modalidade *e-learning* é a que apresenta esforços predominantes para desenvolver produtos que englobem diferentes especificidades, permitindo sua variação e atendimento mais amplo da comunidade escolar. Em contrapartida, nota-se a incipiência de propostas para *m-learning*, ainda que tecnologias móveis estejam amplamente presentes na sociedade. Já a modalidade *t-learning* não apresenta qualquer iniciativa, talvez pela diversidade dos equipamentos e ausência de padrões mais abrangentes. Quando ao domínio de ensino de programação, não foram identificados trabalhos na área.

Em um dos estudos [Sanchez et al. 2012] há a utilização de sistema existente para extrair artefatos e popular o núcleo da LPS. Tal sistema foi desenvolvido por um dos autores [Zorrilla 2011], facilitando o acesso ao projeto como um todo. A dificuldade na obtenção dos fontes de projetos para extração de artefatos é uma limitação presente. No entanto, a adoção de LPS e sua concepção, mesmo que proativamente, traz benefícios que, em curto prazo, favorecem a evolução do portfólio de produtos instanciados de uma linha, em domínios específicos.

Além das dificuldades supracitadas, nota-se a ausência das especificações técnicas, metodológicas e ainda das ferramentas utilizadas para a concepção e manutenção das propostas de LPS na maioria dos estudos. A difusão de tais informações pode viabilizar a realização das diferentes etapas que envolvem a criação e geração de uma LPS, de modo a reduzir esforços e conseqüentemente custos, mitigando ainda problemas decorrentes da complexidade de desenvolvimento de LPSs, em diversos domínios.

Finalmente, os diversos problemas transcritos nos estudos e as especificidades do domínio educacional propiciam a exploração de uma abordagem de reuso, principalmente as que mapeiam e gerenciam uma quantidade significativa de variações. Contudo, os indícios levantados mostram que ainda são necessários mais esforços e pesquisas neste campo, bem como avaliações experimentais formais.

4. Conclusões e Trabalhos Futuros

O mapeamento sistemático conduzido apresentou as principais contribuições existentes na literatura, nos últimos dez anos, para linhas de produto educacionais. Diversas contribuições quanto ao processo de concepção de linhas de produto foram identificadas, contudo, detalhes técnicos foram omitidos em vários trabalhos.

Quanto à motivação educacional da concepção das linhas, notou-se que há uma preocupação com os materiais existentes, que como observado em diferentes estudos, não atendem aos requisitos didático-pedagógicos adotados. A inexistência de trabalhos na modalidade *t-learning*, bem como o pouco uso dos dispositivos móveis na modalidade *m-learning*, constituem uma área relevante a ser pesquisada e avaliada.

No que tange à modalidade *e-learning*, ainda é incipiente o desenvolvimento de uma linha global colaborativa, com a geração de produtos educacionais que atendam diferentes especificidades, tanto de propósito socio-cultural, quanto curricular. A integração entre grupos de pesquisa no desenvolvimento de LPSs distribuídas também se mostra um campo a ser pesquisado, principalmente para identificar a viabilidade da concepção de uma linha de tal porte. Outro ponto relevante é que poucas LPSs foram submetidas à avaliações experimentais, o que não permite identificar, para sua maioria, o quão aptas estão para atingir os propósitos pelos quais foram concebidas.

Finalmente, a diversidade de elementos que envolvem o domínio educacional e as vantagens provenientes da adoção de reuso sistemático com LPSs são dois elementos a serem mesclados e explorados com maior afinco. Neste contexto, como trabalhos futuros, objetiva-se desenvolver uma LPS que utilize modalidades de ensino como *m-learning* e *t-learning* para o domínio de ensino de programação. Pretende-se investigar, ainda, a inclusão de estratégias de ensino diversificadas, com recursos textuais, de animação, vídeos, etc, para atender um conjunto mais amplo de docentes e as especificidades de aprendizagem dos discentes.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (DS-8907173DT).

Referências

- Biolchini, J., Mian, P. G., and Natali, A. C. C. (2005). Systematic review in software engineering. Technical Report RT-ES 679/05, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Carvalho, T., de Araújo, B., Valentim, R., Diniz Junior, J., Tourinho, F., and Diniz, R. (2013). Ise-spl: A software product line approach applied to automatic generation of systems for medical education in e-learning platform. *Revista Brasileira de Engenharia Biomedica*, 29(4):434–439.
- Chimalakonda, S. and Nori, K. (2012a). Accelerating educational technologies using software product lines. In *IEEE Int. Conf. on Tech. Enhanced Education (ICTEE)*, 2012, pages 1–4.
- Chimalakonda, S. and Nori, K. (2012b). A software engineering perspective for accelerating educational technologies. In *IEEE 12th Int. Conf. on Advanced Learning Tech. (ICALT)*, 2012, pages 754–755.
- Chimalakonda, S. and Nori, K. (2013). What makes it hard to apply software product lines to educational technologies? In *Int. Workshop on Product Line Approaches in Soft. Engineering*, pages 17–20.

- Clements, P. and Northrop, L. (2002). *Software Product Lines: Practices and Patterns*. SEI Series in Software Engineering. Addison-Wesley.
- Falvo Júnior, V., Duarte Filho, N. F., Oliveira Jr, E., and Barbosa, E. F. (2014). Towards the establishment of a software product line for mobile learning applications. *Int. Conf. on Software Engineering & Knowledge Engineering*, 1:678–683.
- Filho, N. F. D. and Barbosa, E. F. (2013). A requirements catalog for mobile learning environments. In *Proceedings of the Annual ACM Symposium on Applied Computing*, pages 1266–1271.
- IEEE (2002). IEEE Std. for Learning Object Metadata. *Std 1484.12.1-2002*, pages i–32.
- Jalali, S. and Wohlin, C. (2012). Systematic literature studies: Database searches vs. backward snowballing. In *Proceedings of the ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement, ESEM '12*, pages 29–38, New York, NY, USA. ACM.
- Kang, K. C., Cohen, S. G., Hess, J. A., Novak, W. E., and Peterson, A. S. (1990). Feature-Oriented Domain Analysis (FODA) Feasibility Study. Technical report, Carnegie-Mellon.
- Kitchenham, B. and Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University.
- Krueger, C. (2002). Easing the transition to software mass customization. In *Software Product-Family Engineering*, volume 2290, pages 282–293. Springer Berlin Heidelberg.
- Oberweis, A., Pankratius, V., and Stucky, W. (2007). Product lines for digital information products. *Information Systems*, 32(6):909 – 939.
- Oliveira Junior, E. A., Gimenes, I. M. S., and Maldonado, J. C. (2010). Systematic Management of Variability in UML-based Software Product Lines. *Journal of Universal Computer Science*, 16(17).
- Pankratius, V., Stucky, W., and Vossen, G. (2005). Aspect-oriented re-engineering of e-learning courseware. *Learning Organization*, 12(5):457–470.
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., and Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. In *12th Int. Conf. on Evaluation and Assessment in Software Engineering, EASE'08*, pages 68–77, Swinton, UK, UK. British Computer Society.
- Petticrew, M. and Roberts, H. (2006). *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. Blackwell Publishing.
- Rose, L., Paige, R., Kolovos, D., and Polack, F. (2008). The epsilon generation language. In Schieferdecker, I. and Hartman, A., editors, *Model Driven Architecture – Foundations and Applications*, volume 5095, pages 1–16. Springer Berlin Heidelberg.
- Sanchez, P., Garcia-Saiz, D., and Zorrilla, M. (2012). Software product line engineering for e-learning applications: A case study. In *Int. Symp. on Comp. in Education*, pages 1–6.
- Sanchez Barreiro, P., Garcia-Saiz, D., and Zorrilla Pantaleon, M. (2014). Building families of software products for e-learning platforms: A case study. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 9(2):64–71.
- Van Der Aalst, W. and Van Hee, K. M. (2004). *Workflow management: models, methods, and systems*. MIT press.
- Zhou, D.-D., Zhang, H.-M., Zhong, S.-C., Zhang, Z., and Ma, X.-C. (2009). The design of codeless e-learning animation materials developing platform. In *Int. Conf. on Machine Learning and Cybernetics*, volume 6, pages 3585–3590.
- Zorrilla, M. (2011). *Business Intelligence Applications and the Web: Models, Systems and Technologies: Models, Systems and Technologies*. Business Science Reference.