

# Uma investigação quanto ao uso de aspectos para implementação de variabilidades de Linha de Produto de Software

## Resumo

O desenvolvimento de Linhas de Produtos de *Software* (LPS) é uma das técnicas mais utilizadas atualmente para viabilizar o reuso de *software*. Neste sentido, vários trabalhos vêm sendo realizados com o intuito de aprimorar essa atividade. Algumas pesquisas têm mostrado que a implementação de variabilidades de LPS usando aspectos pode ser benéfica em várias situações. Sendo assim, este projeto tem por objetivo investigar em quais situações é interessante usar aspectos para implementar variabilidades de LPS no contexto de uma LPS para gestão de bilhetes eletrônicos. Para isso, será desenvolvido um experimento seguindo as diretrizes da Engenharia de Software Experimental e será realizada uma revisão sistemática a fim de descobrir as publicações que tratam desse assunto.

**Palavras-Chave:** Linha de Produto de *Software*, Programação orientada a aspectos, Engenharia de *software* experimental, revisão sistemática.

## 1. Caracterização do Problema

A busca por produtos com alta qualidade e que sejam economicamente viáveis leva à necessidade de um conjunto sistemático de processos, técnicas e ferramentas de engenharia de *software*. A reutilização está entre as técnicas mais relevantes desse conjunto. Parte-se do princípio de que reutilizando partes bem especificadas, desenvolvidas e testadas pode-se construir software em menor tempo e com maior confiabilidade. Dentre as técnicas que viabilizam o reuso estão: engenharia de domínio, *frameworks*, padrões, arquitetura de *software* e desenvolvimento baseado em componentes. Porém, o que falta nesse contexto é uma maneira sistemática e previsível de realizar a reutilização. Assim, o reuso sistemático de *software* consiste de uma mudança da abordagem de construção de sistemas únicos para o desenvolvimento de famílias de sistemas. Desta forma, o enfoque de linha de produto de *software* (LPS) consiste da proposta de construção sistemática de *software* baseada em uma família de produtos.

Entende-se por LPS um “conjunto de produtos de software com características suficientemente similares para permitir a definição de uma infra-estrutura comum de estruturação dos itens que compõem os produtos e a parametrização das diferenças entre os produtos” (Gimenes e Travassos, 2002). Em outras palavras, pode-se dizer que entre os produtos de uma LPS há um conjunto comum de requisitos e há também variabilidades significativas entre outros requisitos. Por exemplo, uma família de sistemas para gestão de bilhetes eletrônicos de transporte possui um núcleo de funcionalidades comum tal como o uso de um cartão plástico para pagamento de corridas. Ela possui ainda características variáveis como o tipo de integração entre corridas que funciona de forma diferente entre os diversos produtos que podem ser gerados para esta LPS.

Essas características variáveis entre os produtos de uma LPS são denominadas de variabilidades. Elas são descritas em termos de pontos de variação e variantes. Um ponto de variação é o lugar específico no artefato da LP no qual a decisão de projeto é conectada. Cada ponto de variação está associado a um conjunto de variantes que correspondem às alternativas de projeto para uma variabilidade (Heumans e Trigaux, 2003 *apud* Oliveira Junior *et al.*, 2005).

Clements *et al.* (2006) afirmam que a organização de LPS engloba três atividades principais: desenvolvimento do núcleo de artefatos, desenvolvimento do produto e gerenciamento da LPS. A atividade de desenvolvimento do núcleo de artefatos pode ser chamada de engenharia de domínio, assim como a atividade de desenvolvimento do produto pode ser chamada de engenharia de aplicação. O núcleo de artefatos (do inglês *core assets*) é constituído dos recursos comuns a toda a LPS e pode incluir planos, requisitos, projetos, documentação, testes e código.

O desenvolvimento de LPS pode usar várias técnicas que facilitam o reuso, como *frameworks*, componentes, padrões de projeto e linguagens orientadas a aspectos. E vários trabalhos enfatizam alternativas distintas para a implementação de variabilidades no contexto de LPS. Nesse contexto, Donegan e Masiero (2007) discutem questões sobre projeto de famílias de produtos. Para ilustrar essas questões foi desenvolvida a LPS-BET, uma linha de produtos de software para gestão de bilhetes eletrônicos de transporte. Foi proposta uma adaptação do processo ESPLEP (Gomaa, 2004) e em cada um dos quatro incrementos foram construídos, respectivamente, o núcleo da LPS e cada uma das três aplicações-referência da linha (os produtos para as cidades de Fortaleza/CE, Campo Grande/MS e São Carlos/SP). A arquitetura da LPS-BET é baseada em componentes caixa-preta. No entanto, Donegan (2008) discute a possibilidade de uso de aspectos (POA) para a representação de requisitos não-funcionais e de variabilidades dessa família de produtos.

Sucintamente, aspectos são módulos que permitem separar e encapsular interesses transversais eliminando o espalhamento e o entrelaçamento de código. O aspecto adiciona uma funcionalidade ao código-base interceptando o fluxo de execução. No código-base não é preciso haver menção explícita ao aspecto. Portanto, ao utilizar a programação orientada a aspectos (POA), os sistemas ficam mais legíveis, fáceis de entender, implementar, integrar, reusar, personalizar, evoluir e manter (Kiczales, 1997).

Cottenier e Elrad (2004) *apud* Donegan (2008) ressaltam que a integração entre aspectos e componentes não é uma tarefa simples, especialmente em relação aos interesses transversais do tipo intra-componente. Isto ocorre porque os aspectos podem alterar o funcionamento de componentes infringindo alguns dos princípios desta técnica de desenvolvimento de software, como o encapsulamento e a certificação de qualidade. A fim de solucionar este impasse, existem abordagens que propõem permitir que os aspectos atuem somente nas operações disponíveis nas interfaces dos componentes, por exemplo o trabalho de Eler (2006).

O uso de aspectos para representar variabilidades de LPS também tem sido discutido por Figueiredo *et al.* (2008). A sua motivação vem da convicção de outros pesquisadores de que o uso de POA é efetivo para apoiar a implementação de variabilidades e prolongar a estabilidade do projeto de LPS. Figueiredo e seus

colaboradores realizaram diversos experimentos em duas LPS. Para cada uma delas variabilidades foram implementadas com e sem o uso de aspectos. Em seus experimentos, foram estabelecidas uma série de métricas a fim de observar vantagens e desvantagens de se utilizar POA nesse contexto. Ao final das atividades, eles obtiveram evidências de que, em alguns casos, os aspectos de fato favorecem a evolução da LPS.

## 2. Objetivos

Considerando os estudos sobre utilização de aspectos para implementação de variabilidades de LPS, o objetivo geral deste projeto é aumentar as evidências sobre em quais situações é melhor usar aspectos na evolução de LPS. Pode-se citar como objetivos específicos:

- a realização de uma revisão sistemática sobre trabalhos que relatam o uso de aspectos na implementação de variabilidades de LPS;
- o desenvolvimento de um plano experimental para gerenciar as atividades deste projeto;
- a implementação de variabilidades da LPS-BET usando aspectos;
- a comparação dos resultados obtidos da implementação das variabilidades com aspectos com a implementação anterior da LPS-BET.

## 3. Metodologia

Já que existem trabalhos nos quais se têm utilizado aspectos para a representação de variabilidades de LPS. Um primeiro passo para a realização deste projeto é um levantamento das publicações a este respeito. Para isso, pretende-se realizar uma revisão sistemática. A Revisão Sistemática consiste numa pesquisa ampla e exaustiva e numa síntese completa e imparcial, de acordo com o critério de busca definido, seguindo um processo bem definido e aberto (Kitchenham, 2004). Para isso, este tipo de revisão estabelece um processo bem definido que exige a definição: (1) dos objetivos da busca, (2) das questões de pesquisa, (3) da estratégia de busca para seleção dos trabalhos, (4) dos critérios e procedimento para seleção dos estudos, nesta ordem, para finalmente (5) extrair e documentar os resultados alcançados.

Com o intuito de avaliar a adequação do uso de aspectos na construção de LPS, será desenvolvida uma nova versão da LPS-BET. A fim de aumentar o poder de análise dos resultados obtidos nesta atividade, serão utilizados os princípios da engenharia de software experimental (Kitchenham *et al.*, 2002). Pfleeger (1999) afirma que a experimentação pode contribuir para avaliar confiavelmente em quais ocasiões e sob quais condições uma ferramenta ou técnica específica pode contribuir para melhorar o desenvolvimento de software. Um experimento é um teste ou uma série de testes na qual mudanças propositalmente são realizadas nas variáveis de entrada de um processo ou de um sistema, de maneira que se possa observar e identificar as razões para mudanças encontradas em suas variáveis de saída. Portanto, o uso de aspectos na implementação de variabilidades será conduzido por meio de um estudo experimental no qual a variável de entrada é a LPS-BET. Tanto a hipótese como as métricas e as variáveis de saída serão definidas no plano experimental. A implementação da nova versão da LPS-BET com aspectos será feita considerando as recomendações apresentadas no trabalho de Figueiredo *et al.* (2008).

A implementação da LPS-BET realizada por Donegan (2008) foi feita utilizando: (1) o ambiente Eclipse (Eclipse, 2008) para o desenvolvimento de programas em Java, (2) o Hibernate (Hibernate, 2008) para persistência dos dados e (3) o banco de dados PostgreSQL. Portanto, na realização deste projeto os mesmos recursos tecnológicos serão utilizados. Para a implementação dos aspectos que representam as variabilidades será usada a linguagem AspectJ (Kiczales *et al.*, 2001). Para a geração das aplicações, Donegan (2008) usou um gerador de aplicações configurável, o Captor (Shimabukuro, 2006). Neste projeto pretende-se utilizar esse mesmo gerador, uma vez que ele já foi configurado para o domínio BET.

Com o intuito de trocar experiências, ao longo da realização do projeto estão previstas reuniões periódicas entre os membros do projeto, seja em São Carlos/SP ou em Maringá/PR conforme a disponibilidade dos integrantes.

#### **4. Resultados Esperados**

Por meio da revisão sistemática, será possível conhecer trabalhos relacionados e comparar os resultados obtidos do experimento com os resultados relatados nesses trabalhos.

Espera-se ao final da execução deste projeto, possuir uma versão orientada a aspectos para a LPS-BET. De posse desta versão, espera-se realizar uma comparação dos resultados obtidos da implementação das variabilidades da LPS-BET usando aspectos com a implementação baseada em componentes realizada por Donegan (2008).

#### **5. Impacto**

Os resultados obtidos do desenvolvimento de variabilidades da LPS-BET com aspectos fornecerão maiores indícios sobre quando é melhor utilizar aspectos na evolução de LPS, contribuindo para a melhoria do processo de desenvolvimento de LPS.

Além disso, a versão orientada a aspectos juntamente com a versão anterior poderá viabilizar a realização de vários outros estudos empíricos. Isso é relevante para o grupo de pesquisa, uma vez que muitos trabalhos ficam limitados pelo fato de não dispor de LPS totalmente implementadas.

Adicionalmente, o envolvimento de alunos de graduação contribuirá para a formação de recursos humanos.

#### **6. Equipe executora**

Thelma Elita Colanzi  
Guilherme Antonialli Meilsmith  
Antonio Carlos Contieri Junior  
Paulo César Masiero

## 7. Cronograma de Atividades

As atividades a serem realizadas neste projeto são relacionadas na tabela abaixo indicando os participantes responsáveis por cada uma delas bem como o período previsto para sua execução.

Atividade	Integrantes Responsáveis	Período
1. Estudo sobre Linha de Produto de Software e Programação Orientada a Aspectos.	Antonio, Guilherme, Thelma	Abril e Maio/2008
2. Familiarização com o código fonte da LPS-BET e tecnologias de implementação.	Guilherme, Thelma	Maio e Junho/2008
3. Estudo, planejamento, condução e documentação da revisão sistemática	Antonio , Thelma	Maio a Agosto/2008
4. Estudo sobre engenharia de software experimental e Elaboração do plano experimental.	Guilherme, Thelma, Masiero	Maio e Junho/2008
5. Desenvolvimento da nova versão da LPS-BET de acordo com o plano experimental	Antonio, Guilherme, Thelma	Junho/2008 a Março/2009
6. Análise dos resultados obtidos na realização do experimento com os outros trabalhos relacionados descobertos na revisão sistemática.	Antonio, Thelma, Masiero	Abril e Maio/2009
7. Redação de artigos científicos	Todos	Fevereiro a Julho/2009

## Referências

CLEMENTS, P. C., JONES, L. G., MCGREGOR, J. D., NORTHROP, L. M., **Getting There From Here: A Roadmap for Software Product Line Adoption**. Communications of the ACM. Vol. 49, N° 12. December, 2006.

DONEGAN, Paula Marques ; MASIERO, P. C. . **Design Issues in a Component-based Software Product Line**. In: Simpósio Brasileiro de Componentes, Arquiteturas e Reuso de Software, 2007, Campinas. Anais do Simpósio Brasileiro de Componentes, Arquiteturas e Reuso de Software. Porto Alegre : Sociedade Brasileira de Computação, 2007. v. 1. p. 3-16.

DONEGAN, Paula Marques. **Geração de Famílias de Produtos de Software com Arquitetura Baseada em Componentes**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação e Matemática Computacional). ICMC-USP/São Carlos. São Carlos, SP. Aguardando defesa.

ECLIPSE. **The Eclipse Foundation**. Disponível em: <http://www.eclipse.org/>. Acessado em abril/2008.

ELER, M. M. **Um Método para o Desenvolvimento de Software baseado em Componentes e Aspectos**. Dissertação de Mestrado, ICMC, Universidade de São Paulo (USP), 2006.

FIGUEIREDO, E., CACHO, N., SANT'ANNA, C., MONTEIRO, M., KULESZA, U., GARCIA, A., SOARES, S., FERRARI, F., KHAN, S., FILHO, F., DANTAS, F. **Evolving Software Product Lines with Aspects: An Empirical Study on Design Stability**. International Conference on Software Engineering, a ser publicado, 2008.

GIMENES, I. M. S. ; TRAVASSOS, Guilherme Horta . **O Enfoque de Linha de Produto para Desenvolvimento de Software**. In: Ingrid Jansch Porto. (Org.). XXI Jornada de Atualização em Informática (JAI) - Livro Texto. 1 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2002, v. 2, p. 01-31.

GOMAA, H. **Designing Software Product Lines with UML**. Addison-Wesley: Boston, 2004.

HIBERNATE. **Hibernate - Relational Persistence for Java and .NET**. Disponível em: <http://www.hibernate.org/>. Acessado em abril/2008.

KICZALES, G. Aspect-Oriented Programming. ACM Computing Surveys (CSUR), v. 28, n. 4es, 1996.

KICZALES, G. et al. **Aspect-Oriented Programming**. European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP), LNCS (1241), Springer-Verlag, Finland., June 1997.

KICZALES, G.; HILSDALE, E.; HUGUNIN, J.; KERSTEN, M.; PALM, J.; GRISWOLD, W. **An Overview of AspectJ**. Proceedings of the 15th European Conference on Object-Oriented Programming, p. 327–353, 2001.

KITCHENHAM, B. A., PFLEEGER, S. L., PICKARD, L. M., JONES, P. W., HOAGLIN, D. C., EL-EMAM, K., ROSENBERG, J. **Preliminary Guidelines for Empirical Research in Software Engineering**. IEEE Transactions On Software Engineering, Vol. 28, No. 8, August 2002.

KITCHENHAM, Barbara. **Procedures for performing systematic reviews**. Joint Technical Report TR/SE-0401 (Keele) – 0400011T.1 (NICTA), Software Engineering Group – Department of Computer Science - Keele University and Empirical Software Engineering – National ICT Australia Ltd, Keele/Stan\_s-UK and Eversleigh-Australia, 2004.

OLIVEIRA JUNIOR, E. A. ; GIMENES, Itana Maria de Souza ; HUZITA, Elisa Hatsue Moriya ; MALDONADO, José Carlos . **A Variability Management Process for Software Product Lines**. In: The 15th Annual International Conference of Computer Science and Software Engineering (CASCON), 2005, Ontario - Toronto. Proceedings of CASCON 2005. Toronto, Ontario - Canada : IBM, 2005. v. 1. p. 30-44.

PFLEEGER, S.L., **Albert Einstein and Empirical Software Engineering**. IEEE. Computer, pp. 32-38, October, 1999.

SHIMABUKURO, E. K. J. **Um Gerador de Aplicações Configurável**. Dissertação de Mestrado, ICMC, Universidade de São Paulo (USP), 2006.