

Infra-estrutura Conceitual para Ambientes de Experimentação em Engenharia de Software

Vitor Pires Lopes, Guilherme Horta Travassos

COPPE / UFRJ – Programa de Engenharia de Sistemas e Computação
Caixa Postal 68.511, CEP 21945-970, Rio de Janeiro – Brasil

{vitorlopes, ght}@cos.ufrj.br

Abstract. *Experimental Software Engineering studies planning, execution and packaging are important research topics. Into this context, the Experimental Software Engineering group at COPPE/UFRJ has been working on the development of a computerized infrastructure to support large-scale experimentation in Software Engineering, called eSEE (experimental Software Engineering Environment). In order to allow this support, eSEE is based on a conceptual infrastructure, which organizes the knowledge regarding the experimental process and acts as an instantiation guide to experimental environments. This paper describes the evolution of this conceptual infrastructure, discussing the levels of knowledge organization according to different taxonomies regarding experimental studies classification.*

Resumo. *O planejamento, a execução e o empacotamento de estudos experimentais na área de Engenharia de Software são importantes temas de pesquisa. Neste contexto, o grupo de Engenharia de Software Experimental da COPPE/UFRJ vem trabalhando no desenvolvimento de uma infra-estrutura computacional capaz de apoiar experimentação em larga-escala em Engenharia de Software, denominada eSEE (experimental Software Engineering Environment). Para viabilizar este apoio, o eSEE está fundamentado em uma infra-estrutura conceitual que organiza o conhecimento sobre o processo de experimentação e atua como um roteiro de instanciação de ambientes para experimentação. Este artigo descreve a evolução desta infra-estrutura conceitual, explicitando os níveis de organização do conhecimento segundo diferentes taxonomias para classificação de estudos experimentais.*

Palavras-chave. *Ambientes de experimentação em Engenharia de Software, processos de experimentação, e-science.*

1. Introdução

Atualmente, grande parte das informações sobre novas tecnologias de software (processos, métodos, técnicas e ferramentas) são baseadas em opinião própria ou propaganda. Entretanto, a pesquisa científica não pode ser baseada em opiniões ou interesses comerciais. Investigações científicas são representadas por estudos baseados em observação e/ou experimentação a cerca do mundo real e seus comportamentos mensuráveis. Estes aspectos devem ser levados em consideração também na construção e avaliação de software [Juristo e Moreno, 2001].

Experimentação representa uma abordagem sistemática, disciplinada e controlada para avaliar tecnologias e processos de software. Estudos experimentais

contribuem no sentido de prover justificativas para o uso ou não de tecnologias, baseadas em indicações sobre a efetividade destas tecnologias na melhoria de sua qualidade. Assim, os resultados de estudos experimentais executados em diferentes cenários de pesquisa podem ser utilizados como pontos de partida para definir um conjunto de critérios que apóiem o processo de tomada de decisão a respeito da utilização de tecnologias de software.

Em busca deste apoio em Engenharia de Software, pode-se observar um crescente interesse na área de experimentação [Tichy, 1998; Zelkowitz e Wallace, 1998]. Entretanto, estudos experimentais podem consumir tempo e produzir grande quantidade de informação e conhecimento. Conforme [Basili *et al.*, 1999], experimentação é uma atividade complexa, na qual o pesquisador precisa estar ciente e tratar de variados problemas, variáveis de contexto e particularidades inerentes ao tipo de estudo sendo conduzido. Desta forma, muitos pesquisadores estão investindo esforços na definição de tecnologias que apóiem experimentação em Engenharia de Software [Arisholm *et al.*, 2002; Jedlithka e Pfhal, 2005].

Este cenário motivou o grupo de Engenharia de Software Experimental da COPPE/UFRJ (<http://ese.cos.ufrj.br>) a construir um ambiente capaz de apoiar experimentação em larga-escala em Engenharia de Software. Este ambiente denomina-se eSEE (*experimental Software Engineering*) e consiste numa infra-estrutura computacional baseada em serviços que provê facilidades para instanciação de ambientes que apóiem o processo de experimentação nas atividades de definição, planejamento, execução e empacotamento de estudos experimentais [Travassos *et al.*, 2008].

Este artigo descreve a experiência do grupo em desenvolver e evoluir a infra-estrutura conceitual do eSEE. Esta infra-estrutura representa como o conhecimento a respeito de estudos experimentais está organizado, além de definir um roteiro de instanciação para ambientes de apoio à experimentação em Engenharia de Software [Travassos *et al.*, 2008]. No eSEE, o conhecimento sobre um estudo engloba as atividades que compõem o processo, artefatos consumidos e produzidos, além de características sobre as quais o pesquisador deve tomar decisões que influenciam na forma como o estudo será planejado e executado.

Em sua concepção inicial, o modelo conceitual do eSEE torna possível ao pesquisador instanciar ambientes a partir da escolha do tipo de estudo experimental segundo a taxonomia de [Travassos e Barros, 2003], assim como adicionar características específicas do estudo [Travassos *et al.*, 2008].

Entretanto, o ambiente não disponibiliza automaticamente o conhecimento pertinente ao estudo quando este é observado sob diferentes perspectivas: outras taxonomias abrangem conceitos particulares sobre cada tipo de estudo, e o eSEE precisa estar preparado para capturar e organizar estes conceitos, além de disponibilizá-los ao pesquisador no momento de configuração e instanciação do ambiente. Assim, a proposta apresentada neste trabalho ressalta a necessidade de evoluir a infra-estrutura conceitual para contemplar a caracterização do estudo segundo outras taxonomias, permitindo ao pesquisador instanciar ambientes que atendam de maneira mais eficiente as particularidades do estudo a ser conduzido.

O artigo está organizado em quatro seções: A primeira compreende esta introdução. A seção 2 descreve a concepção inicial da infra-estrutura conceitual do eSEE, sobre a qual foi elaborada a proposta de evolução. A seção 3 explicita a proposta de evolução propriamente dita. A última seção resume e conclui este artigo.

2. Concepção inicial da infra-estrutura conceitual do eSEE

A fim de apoiar experimentação em Engenharia de Software, um ambiente de engenharia tem que prover um conjunto de facilidades, permitindo a execução de tarefas por indivíduos desempenhando diferentes papéis no processo experimentação. Para tanto, o conhecimento a respeito do processo de experimentação necessita estar explicitado e, sobretudo, organizado de forma que estabeleça claramente como será instanciado o ambiente.

Neste contexto, uma infra-estrutura conceitual foi proposta para organizar no eSEE o conhecimento sobre o processo de experimentação, norteando a instanciação de ambientes para condução de estudos experimentais em Engenharia de Software. A infra-estrutura conceitual [Mian, 2006] é dividida em três níveis de abstração (figura 1): meta, configurado e de execução.

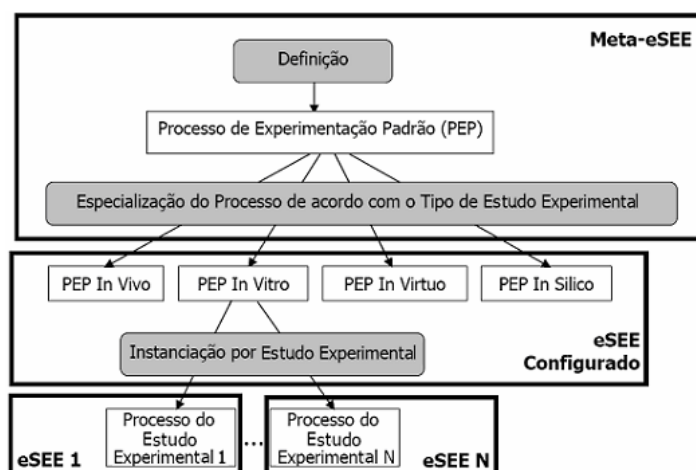


Figura 1 – Os níveis da infra-estrutura de experimentação (Mian, 2006)

O nível meta contém o conhecimento comum a respeito dos estudos experimentais em Engenharia de Software, incluindo o conhecimento sobre Engenharia de Software e processos de estudos experimentais [Travassos *et al.*, 2008]. Neste nível é definido um processo de experimentação padrão (PEP), que consiste no processo de execução e empacotamento de estudos primários (figura 2) fruto da evolução do modelo proposto em [Amaral, 2003]. Este processo de experimentação mostrou-se válido para estudos experimentais de diversos tipos [Costa *et al.*, 2004], pois congrega atividades básicas necessárias para a condução sistemática e disciplinada da pesquisa científica [Mian, 2006].

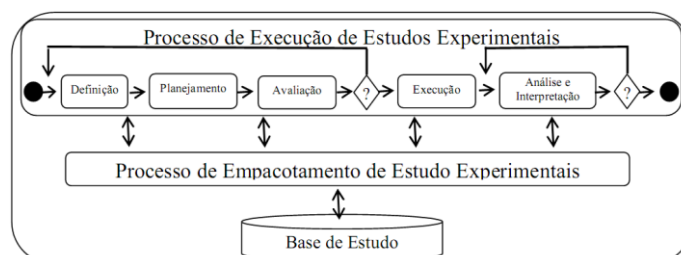


Figura 2 – Processo de execução e empacotamento de estudos primários [Costa *et al.*, 2004]

O nível configurado agrega o conhecimento a cerca dos tipos específicos de estudos experimentais segundo a taxonomia de estudos de [Travassos e Barros, 2003]. Esta taxonomia classifica os estudos primários aplicados em Engenharia de Software em *in vivo*, *in vitro*, *in virtuo* e *in silico*. O pesquisador identifica qual das quatro classificações é pertinente ao estudo e o ambiente agrega ao PEP, definido no nível anterior, características inerentes à classificação atribuída [Travassos *et al.*, 2008].

Ainda no nível configurado, é agregado ao processo conhecimento específico a respeito do estudo experimental sendo conduzido, especificando características particulares do mesmo [Travassos *et al.*, 2008]. Por exemplo: um estudo pode demandar uma caracterização prévia dos participantes. Logo, se para o estudo em questão o pesquisador optar por realizar esta caracterização, o PEP precisa ser configurado e uma atividade específica deve ser incluída no processo.

O nível de execução reúne todo o conhecimento necessário para apoiar a definição, o planejamento e a execução do estudo em questão, que fora configurado e instanciado no nível de abstração anterior.

3. Proposta de evolução da infra-estrutura conceitual do eSEE

Na concepção inicial do modelo conceitual do eSEE, o nível configurado privilegia apenas a taxonomia de [Travassos e Barros, 2003] na escolha pelo pesquisador sobre qual tipo de estudo será conduzido. Isto torna mais complexa a agregação de conhecimento ao PEP a respeito de estudos classificados segundo outras taxonomias, cada qual utilizando perspectivas distintas para atribuir características específicas. Por exemplo: caso o pesquisador queira executar um *survey*, seria necessário estar ciente das características comuns a um *survey* para adicioná-las ao processo. Entretanto, caso a infra-estrutura contemplasse também a escolha pelo tipo de estudo segundo a taxonomia de estratégia de estudo, o pesquisador poderia classificá-lo como *survey* e o eSEE já agregaria automaticamente ao PEP todas as características inerentes a um *survey*. Além disto, o eSEE também agregaria o conhecimento a respeito de características que representam variabilidade no contexto de *surveys* como, por exemplo, se o *survey* se utilizará de entrevistas ou questionários. O pesquisador não precisaria estar ciente de todas estas variabilidades, pois o eSEE tornaria explícita a necessidade de configurar o processo de acordo estas variações.

A proposta de evolução da infra-estrutura conceitual, apresentada a seguir, envolve a inclusão de etapas de qualificação do processo segundo outras taxonomias além de [Travassos e Barros, 2003]. As seguintes taxonomias foram consideradas: abordagem de estudo, na qual estão definidos estudos primários [Wohlin, 2000], secundários [Kitchenham, 2004] e terciários; estratégia de estudo [Shull *et al.*, 2008] e método de pesquisa [Juristo e Moreno, 2001]. Cada classificação agrega, cada qual sob uma ótica diferente, características únicas sobre o processo. O objetivo que norteia esta proposta é disponibilizar ao pesquisador um conhecimento mais amplo sobre o estudo durante o processo de instanciação do ambiente. As modificações expressas na proposta se estendem sobre os níveis de abstração meta e configurado e envolvem as seguintes etapas: identificação da abordagem de pesquisa científica; qualificação do processo segundo a estratégia de pesquisa, o método de pesquisa e o tipo de estudo; configuração e instanciação.

3.1. Nível meta

No nível meta (figura 3), o PEP passa a ser definido em termos da abordagem de pesquisa científica. O pesquisador estabelece a abordagem a nortear o estudo e a infra-estrutura disponibiliza o PEP específico juntamente com o conhecimento deste domínio. Desta forma, é possível diferenciar o PEP para estudos primários, secundários e terciários. A partir da seleção da abordagem, o PEP específico para o estudo poderá ser qualificado e configurado no nível subsequente da infra-estrutura. Importante destacar que a proposta de evolução ainda não definiu os PEP's para estudos secundários e terciários, razão pela qual a infra-estrutura só considera taxonomias que estejam no domínio de estudos primários. Além disso, a decisão por considerar inicialmente na proposta o PEP de estudos primários decorre, também, do fato deste apresentar maior complexidade no que tange às diversas particularidades de cada tipo de estudo primário.

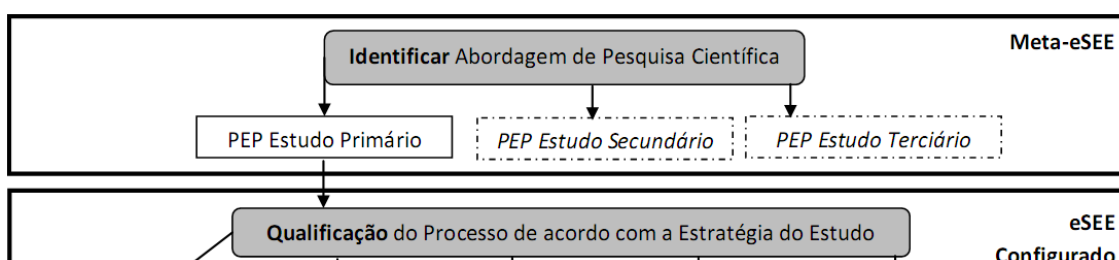


Figura 3 – Nova organização do nível meta-eSEE da infra-estrutura de experimentação

3.2. Nível configurado

No nível configurado, o processo passa a ser qualificado segundo três taxonomias de estudos. Inicialmente, o PEP definido no nível meta é qualificado segundo a taxonomia de estratégia do estudo (figura 4). Esta taxonomia reúne as classificações de estudo mais comuns na literatura, sendo o trabalho de Shull *et al.*, (2008) bastante representativo neste contexto. Os tipos de estudos considerados são *action research*, *survey*, estudo de caso, estudo de observação e estudo controlado (incluindo *quasi-experimentos*). Um exemplo de aplicação desta classificação é quando o pesquisador qualifica o estudo como um *survey*, e o eSEE disponibiliza o conhecimento relativo ao PEP do domínio de *survey*.

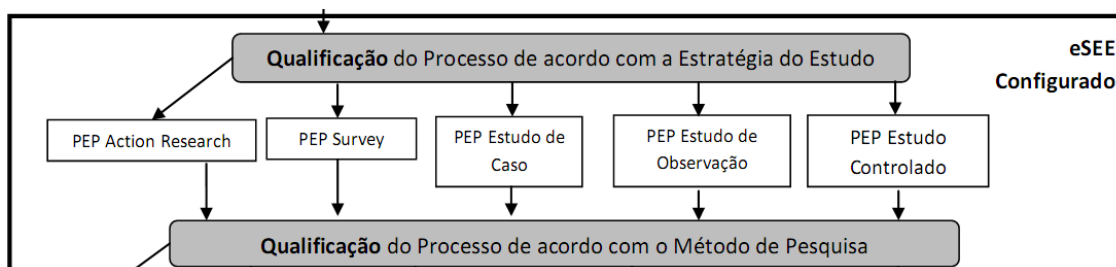


Figura 4 – Etapa de qualificação do processo segundo a estratégia de estudo no nível configurado

Em seguida, o PEP é qualificado de acordo com a taxonomia de método de pesquisa (figura 5), que classifica o estudo como sendo quantitativo, qualitativo [Juristo

e Moreno, 2001] ou semi-quantitativo [Taylor e Bogdan, 1998; Forrester, 1968]. A infra-estrutura considera a estratégia de estudo escolhida na etapa anterior para restringir as opções de qualificação segundo o método de pesquisa. Por exemplo: ao definir o estudo como *survey*, a infra-estrutura não disponibilizará a classificação do estudo como sendo semi-quantitativo, uma vez que este não é um método aplicável em *surveys*. Restrições como esta também ocorrem para os demais estudos e refletem o inter-relacionamento entre as taxonomias

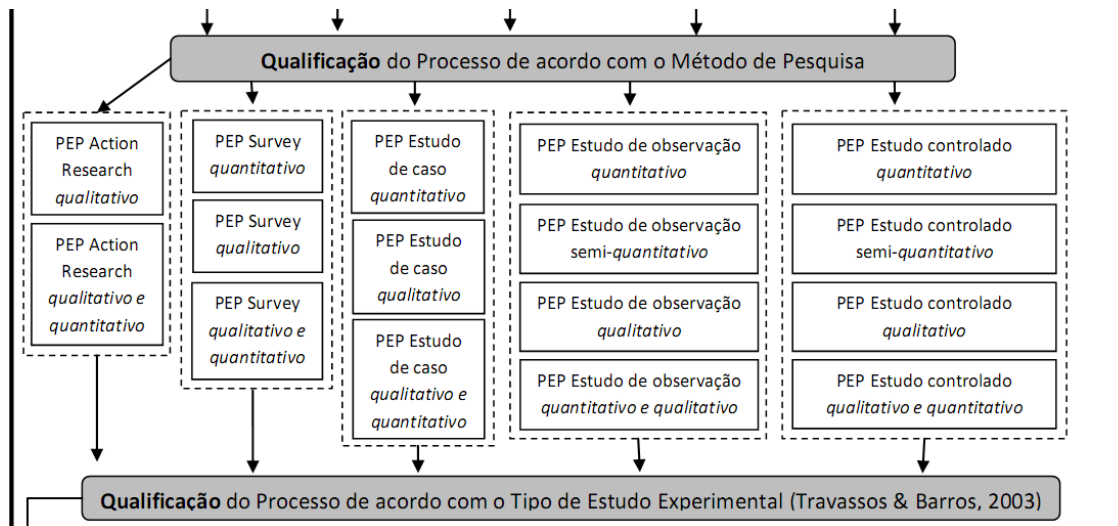


Figura 5 – Etapa de qualificação do processo segundo o método de pesquisa no nível configurado

Ao classificar o estudo de acordo com o método de pesquisa, a infra-estrutura prevê em seguida a classificação segundo a taxonomia de [Travassos e Barros, 2003] (figura 6), presente na concepção inicial da infra-estrutura. Esta qualificação também considera as decisões anteriores para disponibilizar as opções de estudos. Por exemplo: caso o pesquisador qualifique o processo do estudo como sendo um estudo de observação semi-quantitativo, a infra-estrutura só disponibilizará a opção de estudo *in virtuo*, uma vez que a pesquisa semi-quantitativa está ligada a estudos envolvendo simulação [Widman, 1989].

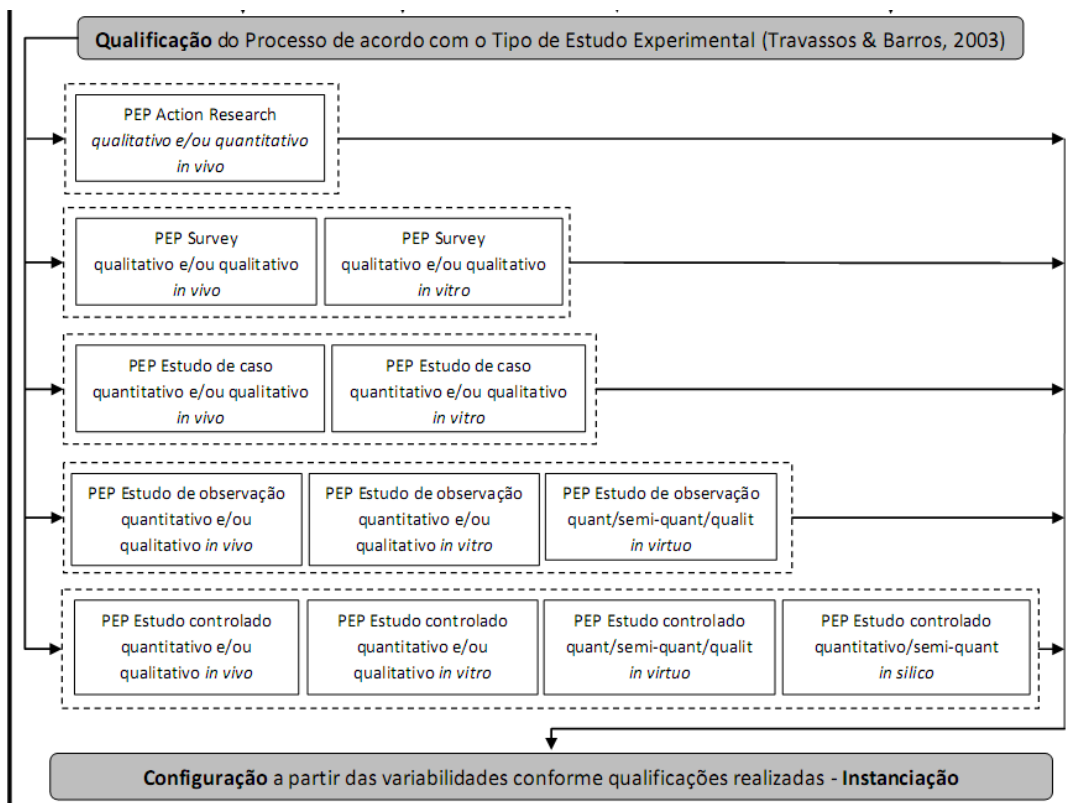


Figura 6 – Etapa de qualificação do processo segundo o método de pesquisa no nível configurado

Ao concluir a qualificação do processo de acordo com as taxonomias supracitadas, o conhecimento disponibilizado ao pesquisador a respeito do processo está coerente com suas decisões sobre as características de alto nível do estudo expressas pelas taxonomias. Entretanto, existem ainda diversas decisões a serem tomadas pelo pesquisador. Por exemplo: se o processo deve considerar atividade de treinamento de participante; se um *benchmarking* deve ser realizado antes de avaliar uma determinada ferramenta, entre outras. Há ainda questões a serem resolvidas e que derivam diretamente das qualificações do processo. Por exemplo: caso o processo tenha sido qualificado como sendo um PEP de estudo de caso, será necessário defini-lo como sendo confirmatório ou exploratório [Shull *et al.*, 2008 – capítulo 11]; caso o estudo tenha sido definido como sendo *in silico*, o pesquisador deve decidir-se por incluir ou não atividades de verificação de consistência dos modelos de simulação. Desta forma, o conhecimento disponibilizado pela infra-estrutura sobre o processo ao longo das qualificações contém também variabilidades a respeito deste processo. Estas variações são resolvidas na última etapa prevista no nível configurado (figura 6), na qual o pesquisador “configura” o processo através das decisões sobre estas variabilidades. Resolvidas estas questões, o ambiente está conceitualmente definido e todo o conhecimento a respeito do processo foi disponibilizado. O ambiente então pode ser instanciado para execução do estudo em questão.

4. Conclusão

Este artigo descreveu o estágio atual de desenvolvimento da infra-estrutura conceitual do eSEE, ressaltando a importância em considerar no processo de instanciação diferentes classificações de estudos. Ao classificar o estudo segundo uma taxonomia, o pesquisador terá à sua disposição automaticamente o conhecimento relativo ao tipo de estudo escolhido. Este conhecimento se traduz no ambiente em artefatos, atividades e novas tomadas de decisão a respeito de variabilidades no processo.

O ambiente encontra-se em construção, sendo que alguns componentes arquiteturais já foram construídos, tais como o meta-configurador [Santos *et al.*, 2007]. Estudos secundários e terciários estão sendo pesquisados para que o eSEE possa apoiar a instanciação de ambientes desta natureza.

A disponibilização do conhecimento do processo, discutido ao longo da seção 3, vem sendo alvo de pesquisa e envolve a identificação dos principais conceitos do domínio de experimentação em Engenharia de Software. Um dos frutos desta pesquisa são modelos ontológicos que explicitam os conceitos deste domínio. O conhecimento pertinente a cada etapa de qualificação na infra-estrutura conceitual deve estar representado em tais modelos. Isto irá garantir que as características dos estudos previstas em cada taxonomia estejam mapeadas nas ontologias. A concepção dos modelos ontológicos considerou inicialmente as ontologias de pesquisa primária e método experimental descritas em [Biolchini *et al.*, 2006]. Novos conceitos foram agregados a estas ontologias e outras estão sendo construídas, tais como as ontologias de estratégia de estudo, estrutura do estudo, método de pesquisa e processo de experimentação. Uma primeira versão dos modelos será submetida em breve à avaliação de pesquisadores e alunos da área de experimentação em Engenharia de Software.

A infra-estrutura ainda carece de ser definida em termos dos PEP's de estudos secundários e terciários. Este será o próximo passo na evolução da infra-estrutura e se dará quando os modelos ontológicos atingirem uma versão consistente após submissão à avaliação da comunidade. Desta forma, a infra-estrutura do eSEE poderá contemplar de maneira ampla os vários tipos de estudos inseridos no contexto de experimentação em Engenharia de Software.

Agradecimentos

O projeto eSEE é parte dos projetos CNPq – Infra-estrutura para Experimentação em Engenharia de Software (302154/2004-3) – , CAPES e FAPERJ. eSEE é fruto do trabalho do grupo ESE (<http://ese.cos.ufrj.br>) ao qual os autores agradecem.

Referências

Amaral, E. A. G. G. (2003) “Empacotamento de Experimentos em Engenharia de Software”, Master Dissertation, COPPE/UFRJ, Engenharia de Sistemas e Computação, RJ, Brazil.

- Arisholm, E., Sjøberg, D.I., Carelius, G.J., Lindsjörn, Y. (2002). "A Webbased Support Environment for Software Engineering Experiments", In: Nordic Journal of Computing, v. 9, n. 3 (September), pp. 231-247.
- Basili, V.R., Shull, F., Lanubile, F. (1999). "Building Knowledge through Families of Experiments", In: IEEE Trans. on Software Engineering, vol. 25, No. 4.
- Biolchini, J.C., Mian P.G., Natali A.C., Conte, T., Travassos, G.H. "Scientific research ontology to support systematic review in software engineering". Elsevier. *Advanced Engineering Informatics*. Novembro, 2006.
- Costa, H.R.; Mian, P.G. Travassos, G.H. (2004) "Estendendo um Modelo de Processo e de Empacotamento de Estudos Experimentais". Relatório Técnico do eSEE. COPPE/UFRJ.
- Forrester, J. (1968) Principles of Systems. Cambridge, Ma: Wright-Allen Press.
- Kitchenham, B. Procedures for Performing Systematic Reviews, Joint Technical Report Software Engineering Group. Keele University, United Kingdom and Empirical Software Engineering, National ICT Australia Ltd, Austrália, 2004.
- Jedlitschka, A., Pfahl, D. (2005). "Reporting Guidelines for Controlled Experiments in Software Engineering", In: Proceedings the 4th IEEE/ACM International Symposium on Empirical Software Engineering. Australia, November, 2005.
- Juristo, N., Moreno, A. (2001). "Basics of Software Engineering Experimentation", Kluwer Academic Press, 1ª edição.
- Mian, P. G. "Proposta de Infra-estrutura Computacional para Apoiar Experimentação em Engenharia de Software". Exame de Qualificação, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Novembro, 2006.
- Santos P.S.M., Lopes, V. P., Souza, A. B. O., Travassos, G. H. (2007). "Supporting Experimentation Processes Configuration in Experimental Software Engineering Environments", ESELAW'07, São Paulo, Brasil.
- Shull, F., Singer, J., Sjøberg, D. I. K. et al., "Guide to Empirical Software Engineering", Springer, ISBN: 978-1-84800-043-8, 2008.
- Taylor, S.J., Bogdan, R. "Introduction to Qualitative Research Methods. Wiley", ISBN 0471168688, 1998.
- Tichy, W.F. (1998) "Should Computer Scientists Experiment More?" In: IEEE Computer, 31 (5), p. 32-39.
- Travassos, G. H., Santos, P. S. M., Mian, P. G., Dias Neto A. C., Biolchini, J., "A Environment to Support Large Scale Experimentation in Software Engineering", 13th IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems, Abril, 2008.
- Travassos, G.H., Barros, M.O. (2003). "Contributions of In Virtuo and In Silico Experiments for the Future of Empirical Studies in Software Engineering", Proc. of the WSESE03, Fraunhofer IRB Verlag, Roma.
- Widman, L.E. "Expert system reasoning about dynamic systems by semi-quantitative simulation". Computer Methods and Program in Biomedicine. 29 (2): 95-113, 1989.

Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M., Regnell, B., Wesslén, A.,
Experimentation in Software Engineering – An Introduction. Kluwer Academic
Publishers. 2000.

Zelkowitz, M.V, Wallace, D.R. (1998). “Experimental Models for Validating
Technology”, In: IEEE Computer, 31 (5), p. 23-31.