

Seleção de Técnicas de Teste Baseado em Modelos

Autor: Arilo Claudio Dias Neto¹ {ariloclaudio@gmail.com}

Programa: Programa de Engenharia de Sistemas e Computação – COPPE/UFRJ

Data da defesa: 23 de Novembro de 2009

Orientador: Guilherme Horta Travassos² – COPPE/UFRJ {ght@cos.ufrj.br}

URL: http://ese.cos.ufrj.br/~acd/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=38

***Resumo.** Este artigo descreve uma solução para o problema de seleção combinada de Técnicas de Teste Baseado em Modelos (TTBMs) para projetos de software. A tecnologia de software desenvolvida é apresentada de acordo com a metodologia científica baseada na condução de estudos secundários e primários adotada durante a pesquisa, e esta considera dois aspectos: (1) o grau de adequação entre TTBMs e as características de um projeto de software e (2) o impacto da escolha de mais de uma TTBM nas variáveis do processo de teste. Os resultados dos estudos de avaliação realizados indicam que a tecnologia de software, com sua infraestrutura de apoio computacional, ajuda a melhorar a efetividade e eficiência do processo de seleção de TTBMs quando comparada a outra abordagem de seleção disponível na literatura técnica. As contribuições são: disponibilização de um corpo de conhecimento (repositório) sobre TTBMs que podem ser utilizadas em projetos de software, abordagem e infraestrutura computacional para apoiar a seleção de TTBMs e evolução de metodologia baseada em experimentação a ser aplicada na concepção, desenvolvimento e avaliação de novas tecnologias de software.*

1. Contexto e Motivação

Esta pesquisa foi desenvolvida sob o tema “seleção de tecnologias para projetos de software”, tópico este que passou a ser abordado como pesquisa em engenharia de software em 1991 [1]. Desde então, algumas abordagens de apoio à seleção de tecnologias de software foram desenvolvidas para apoiar diferentes áreas da engenharia de software [2][3][4][5]. No entanto, tais abordagens focam apenas na seleção individual de uma tecnologia em particular para o projeto, sem prover qualquer apoio adicional para a seleção combinada de tecnologias de software.

Essas dificuldades se tornam maiores em cenários de desenvolvimento nos quais mais que uma tecnologia de software precisa ser combinada com o objetivo de melhorar a efetividade do processo e a qualidade do produto final, demanda já usual na maioria dos projetos atuais. Teste de software é um exemplo de atividade de desenvolvimento de software em que a utilização combinada de técnicas pode trazer benefícios, pois permite aumentar a cobertura dos testes e, conseqüentemente, melhorar a qualidade do produto.

Em 2006 se iniciou uma parceria institucional entre o Grupo de Engenharia de Software Experimental da COPPE/UFRJ com o *SIEMENS Corporate Research/USA*, com o objetivo de realizar pesquisas científicas na área de Teste Baseado em Modelos (TBM), considerando o problema da seleção de tecnologias. TBM representa uma subcategoria de estratégia de teste na qual casos de teste são derivados a partir de

¹ Bolsista FAPPEAM.

² Pesquisador 1D CNPq e FAPERJ.

modelos descrevendo características de qualidade do produto (ex: segurança, funcionalidade, desempenho, etc.) [6]. Contextualizando o cenário de seleção de tecnologias de software para TBM, pode-se observar a introdução de desafios adicionais para a seleção de técnicas de teste baseado em modelos (TTBMs) para um projeto de software devido às características específicas desta subcategoria de técnicas de teste.

Sendo assim, esta pesquisa focou em duas frentes para resolver o problema de seleção de tecnologias de software, contextualizando o problema para a área de TBM: (1) fornecer conhecimento baseado em evidências para os profissionais responsáveis pela seleção de TTBMs em projetos de software sobre as possíveis opções associadas às técnicas existentes, e; (2) identificar que características ou informações dos projetos de software e TTBMs podem influenciar a decisão relacionada à adequação e impacto (custo, esforço) do uso de uma ou mais TTBMs em um projeto de software.

Com isso, esta tese apresenta uma abordagem para apoiar a seleção combinada de TTBMs para projetos de software, batizada de *Porantim*³, concebida, construída e avaliada com base em evidências fornecidas por estudos secundários (revisões sistemáticas) e primários (*surveys* e estudos controlados). *Porantim* provê um corpo de conhecimento de TTBMs obtido a partir de evidências da literatura técnica e um processo para guiar o engenheiro de software na escolha de combinações de TTBMs adequadas a um determinado projeto de software. Os estudos de viabilidade realizados indicam que *Porantim* provê melhorias na efetividade e eficiência do processo de seleção de TTBMs através de indicadores e gráficos que avaliam a adequabilidade e o impacto das técnicas a partir das características de um projeto de software no qual elas seriam aplicadas.

2. Metodologia Científica

A metodologia de pesquisa para a definição e desenvolvimento de *Porantim* foi fundamentada na abordagem para desenvolvimento de novas tecnologias de software baseada em estudos primários e secundários publicada inicialmente em [7] e evoluída em [8]. Ela se divide em duas fases: concepção e avaliação da tecnologia de software proposta, conforme apresentado na Figura 1 e descrito com mais detalhes a seguir:

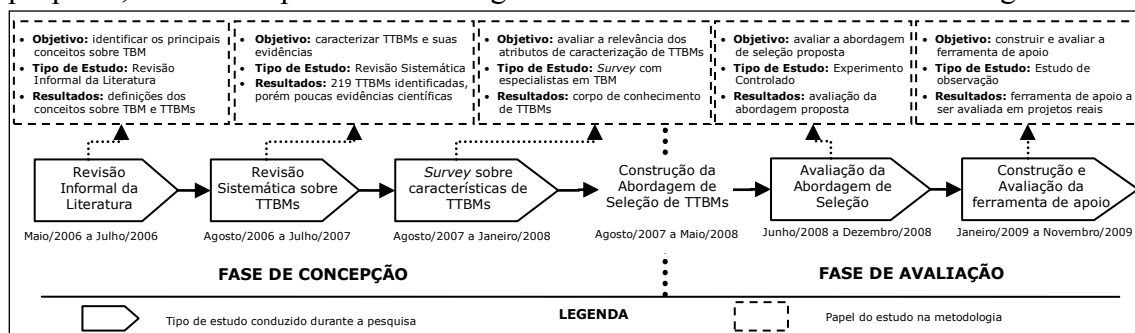


Figura 1. Metodologia de Pesquisa Adotada

2.1. Fase de Concepção

Esta fase envolve a execução de estudos secundários e/ou primários com o objetivo de construir uma versão inicial da tecnologia proposta.

- **Revisão Informal da literatura: Maio/2006 a Julho/2006**

Nesta atividade realizou-se uma revisão *ad hoc* da literatura técnica sobre a área

³ *Porantim* é uma peça de Madeira usada pelos Índios Amazônicos *Sateré-Mawé* (que habitam a região do Baixo Amazonas) no ritual de passagem *Wat'amã*, cujo objetivo é selecionar os índios que serão guerreiros da tribo.

de TBM, seus conceitos, os atributos que caracterizam uma técnica de teste baseado em modelos, os benefícios da aplicação desta categoria de técnica de teste, processo a ser seguido e infraestruturas de apoio. Este conteúdo compôs o Capítulo 2 da tese.

- **Revisão Sistemática sobre TTBM: Agosto/2006 a Julho/2007**

Executada em 2006/2007 e em Julho/ Agosto de 2009, nesta atividade realizou-se uma revisão sistemática da literatura cujo objetivo foi identificar e extrair as principais características de TTBM publicadas na literatura técnica.

Ao total, 599 publicações foram identificadas (Tabela 1), dos quais 328 artigos foram excluídos da análise, pois seus escopos não estavam relacionados com este trabalho, eram repetidos ou não estavam disponíveis eletronicamente.

Tabela 1. Classificação dos Artigos Identificados

Categorias de Artigos	Quantidade de Artigos	Percentual de Artigos
Artigos Selecionados	271	45,25%
Não Analisados (excluídos)	328	54,75%
Total de Artigos	599	100%

Dos 271 artigos que sobraram, todos foram analisados e eles descrevem 219 diferentes TTBM, que formam o conteúdo inicial do corpo de conhecimento (repositório) sobre TTBM. Como a UML tem se tornado ao longo dos anos padrão para modelagem de sistemas, as TTBM identificadas foram categorias como “Utilizam UML” ou “Não utilizam UML”. Sendo assim, dessas técnicas, 76 TTBM (34,7%) adotam diagramas UML e 143 TTBM (65,3%) não adotam.

O protocolo de pesquisa, a lista completa dos 599 artigos identificados ao longo das duas execuções da revisão sistemática e os resultados das análises dos dados estão disponíveis no Capítulo 2 da tese e foram publicados em [9], [10], [11] e [12].

- **Survey sobre Características de TTBM: Agosto/2007 a Janeiro/2008**

O objetivo deste *survey* foi definir a estrutura do corpo de conhecimento de TTBM. Ele foi realizado em 2007 com 34 especialistas internacionais em TBM (da indústria e academia), que avaliaram um conjunto inicial de 18 (dezoito) atributos de caracterização de TTBM, extraídos originalmente da literatura técnica sobre TBM, com respeito a sua relevância no contexto da seleção de TTBM para projetos de software. Neste estudo, os participantes confirmaram a relevância de todos os atributos e ainda sugeriram 3 (três) novos, totalizando 21 atributos. Durante o desenvolvimento de *Porantim*, 4 atributos usados para caracterização de TTBM precisaram ser divididos em 8 atributos para melhor caracterizar uma TTBM. A lista final de atributos de caracterização de TTBM e seus respectivos pesos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Estrutura do Corpo de Conhecimento (Atributos de Caracterização)

Ordem	Atributo de caracterização de TTBM	Nível de Relevância
1	Modelo Comportamental/Estrutural	83,48%
2	Critério de Cobertura dos Testes (regras de geração de casos de teste)	74,79%
3	Critério de Geração de Casos de Teste (passos para varrer o modelo)	72,57%
4	Entradas requeridas para usar uma TTBM	72,54%
5	Limitações/Restrições para usar uma TTBM	69,96%
6	Tipo de Técnica de Teste (Funcional ou Estrutural)	69,89%
7	Resultados gerados pela TTBM	69,70%
8	Nível de Teste	69,70%
9	Característica de Qualidade de SW que a TTBM está apta a avaliar	68,30%
10	Custo associado à ferramenta de apoio	63,74%
11	Nome da ferramenta de apoio	63,74%
12	Plataforma em que a ferramenta de apoio opera	63,74%

13	Plataforma de execução do software	55,85%
14	Paradigma de desenvolvimento	55,85%
15	Linguagem de programação adotada	55,85%
16	Uso de Modelos Intermediários	54,47%
17	Tecnologia de Geração dos Testes (linguagem de modelagem)	52,54%
18	Necessidade de Ferramentas Externas	49,96%
19	Resultados Históricos	48,80%
20	Proporção de Passos Automatizados	47,48%
21	Avaliação Experimental	47,43%
22	Nível de Complexidade dos Passos Não-automatizados	46,58%
23	Existência de um mecanismo de rastreabilidade	34,39%
24	Habilidade/conhecimento necessário	33,00%
25	Existência de um verificador de modelos	18,71%

Os detalhes a respeito do planejamento, projeto, execução e análise dos resultados do *survey* estão descritos no Capítulo 3 da tese, e foram publicados em [13].

- **Construção da Abordagem de Seleção de TTBM: Agosto/2007 a Maio/2008**

Com o corpo de conhecimento estabelecido, passou-se a trabalhar a abordagem para apoiar a seleção de TTBM para projetos de software. *Porantim* representa uma evolução da abordagem de apoio à seleção de técnicas de teste denominada Esquema de Caracterização, proposta por Vegas e Basili [14]. *Porantim* é fundamentada em dois elementos principais (Figura 2) [15][16][17][18]: (1) Corpo de Conhecimento sobre TTBM e (2) Processo de Seleção de TTBM.

O primeiro elemento que compõe *Porantim* é o corpo de conhecimento sobre TTBM, que consiste no repositório de TTBM definido a partir dos 2 estudos experimentais citados anteriormente (Revisão Sistemática e *Survey*).

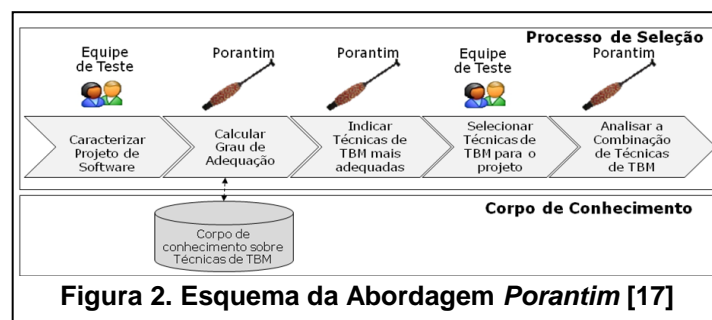


Figura 2. Esquema da Abordagem *Porantim* [17]

O segundo elemento é um processo que permite apoiar a análise das características do projeto de software a ser desenvolvido e das TTBM disponíveis para uso, provendo informações que apoiem na tomada de decisão sobre quais técnicas são mais adequadas ao projeto de software. Tal processo é composto por cinco atividades (Figura 2), descritas a seguir:

1. **Caracterizar Projeto de Software:** A equipe de teste precisa preencher um questionário descrevendo características e requisitos de teste do projeto de software no qual as TTBM serão aplicadas. Tais características/requisitos de teste foram extraídos da ferramenta ADAPTPRO [19], que compõe a estação TABA, do *survey* anteriormente citado e a partir do próprio desenvolvimento desta tese: plataforma de execução, paradigma de desenvolvimento adotado, linguagem de programação adotada, tecnologia usada para modelagem, modelos providos no processo, tamanho da aplicação, habilidades da equipe de teste, níveis de teste requeridos, tipo de técnica de teste a ser aplicada, características de qualidade de software a serem avaliadas, tipos de falhas a serem reveladas, ferramenta de apoio e custo esperado dos testes.
2. **Calcular Grau de Adequação:** *Porantim* provê fórmulas que se baseiam no conceito matemático de *Distância Euclidiana* para se calcular o *grau de adequação* (“distância”) entre os atributos do projeto de software caracterizado

no passo anterior e cada TTBM disponível no corpo de conhecimento. O *grau de adequação* é representado por um valor numérico que indica quão “próximas” são as características da TTBM em relação às necessidades do projeto de software.

3. **Indicar Técnicas de TBM mais adequadas:** Após calcular o *grau de adequação*, deve ser listado apenas um subconjunto com as TTBMs que possuem os maiores valores de *grau de adequação* (o número de TTBMs a ser listada deve ser definido pela equipe de teste). Para cada TTBM deve ser apresentado o seu grau de adequação e as suas características.
4. **Selecionar Técnicas de TBM para o Projeto:** A equipe de teste precisa selecionar um subconjunto de TTBMs, dentre as sugeridas no passo anterior, para que sejam utilizadas no projeto de software.
5. **Analisar a Combinação de Técnicas de TBM:** Após a etapa de selecionar TTBMs, *Porantim* provê fórmulas que se baseiam no conceito matemático do *Coefficiente de Jaccard* para apoiar na análise da relação entre os requisitos de teste solicitados para o projeto de software e quais destes estariam sendo providos pela combinação de TTBMs selecionadas no passo anterior. Neste momento é avaliado o impacto das TTBMs em algumas variáveis do processo de testes, tais como cobertura dos requisitos do projeto de software, esforço de modelagem salvo para criação dos testes e grau de preparação da equipe de teste.

Com isso, foi finalizada a fase de concepção da abordagem proposta e passou-se à fase de avaliação, descrita na subseção seguinte. Os detalhes do processo de seleção de TTBM com exemplos de seu funcionamento estão descritos no Capítulo 4 da tese.

2.2. Fase de Avaliação

Nesta fase, foram realizadas duas atividades com diferentes propósitos:

- **Avaliação da Abordagem de Seleção: Junho/2008 a Dezembro/2008**

Nesta atividade, foi executado um estudo experimental com o objetivo de avaliar *Porantim* em relação a uma segunda abordagem de apoio à seleção dos testes (*Esquema de Caracterização* [14]). Neste momento, decidiu-se por realizar uma repetição externa (reaplicação de um estudo com pesquisadores diferentes daqueles que executaram o estudo original) do estudo publicado em [14] a fim de se aproveitar e reusar o pacote do estudo (planejamento, projeto, instrumentos, procedimentos de execução e análise dos resultados). Este estudo experimental teve como objetivo avaliar os seguintes aspectos das abordagens de seleção: *completude*, *eficiência*, *efetividade* e *usabilidade*.

Esta avaliação foi realizada em 2 diferentes contextos: (1) grupo de 22 alunos de pós-graduação em engenharia de software e (2) grupo de 34 alunos de graduação em sistemas de informação. Os estudos foram executados e analisados separadamente, e seus resultados estão apresentados na Tabela 3. O método ANOVA (*Analysis of Variance*) foi usado para análise dos resultados com nível de significância (α) de 95%. As ameaças à validade deste estudo estão detalhadas no plano do estudo disponível no texto da tese, e tratam principalmente do uso de estudantes como participantes do estudo e do perfil dos projetos e TTBM usados no estudo.

Os resultados obtidos indicam que *Porantim* seria o fator influente em todas as variáveis relacionadas aos aspectos *eficiência* e *efetividade* ($p\text{-value} < 0,05$). Pode ser ainda observado que foi obtido exatamente o mesmo resultado com alunos de pós-graduação e de graduação, o que poderia sugerir que *Porantim* possui influência na eficiência e efetividade do processo de seleção de TTBM com engenheiros de software com diferentes níveis de formação.

Tabela 3. Resultado do Estudo Experimental para Avaliação de *Porantim*

Aspecto Avaliado	Variável	<i>p-value</i> ($\alpha = 95\%$)		Fator influente
		Pós-graduação	Graduação	
Compleitude	Percentual de informações usadas	0,0608	0,1642	Nenhum
	Quantidade de informações faltando	0,3664	0,2712	Nenhum
Efetividade	Percentual de seleções corretas (<i>oráculo definido por especialistas em TBM</i>)	0,0215	0,0060	<i>Porantim</i>
Eficiência	Tempo de seleção	0,0141	0,0064	<i>Porantim</i>
	Percentual de seleções corretas / tempo de seleção	0,0019	0,0007	<i>Porantim</i>
	Percentual de seleções corretas / percentual de informações usadas	< 0,0001	< 0,0001	<i>Porantim</i>
Usabilidade	Quantidade de problemas reportados	0,2074	0,4691	Nenhum

O planejamento, projeto, execução e análise dos resultados deste estudo estão descritos no Capítulo 5 da tese, e foram publicados em [20].

- **Construção e Avaliação da Infraestrutura Computacional: Janeiro/2009 a Novembro/2009**

Após a finalização da definição de *Porantim*, percebeu-se que diversas tarefas que compõem o processo de seleção de TTBM's poderiam ser automatizadas ou semi-automatizadas, pois representam cálculos matemáticos ou filtragem de TTBM's a partir de seu repositório. Dessa forma, decidiu-se pela construção de uma infraestrutura computacional para apoiar na aplicação da abordagem *Porantim*. Com isso, Maraká, desenvolvida originalmente para apoiar o planejamento e controle de teste de software [21], foi estendida em sua arquitetura e funcionalidade a fim de prover apoio ao processo de seleção de TTBM's utilizando a abordagem *Porantim* proposta neste trabalho.

Após seu desenvolvimento, tal infraestrutura foi avaliada através de um estudo de observação por engenheiros de software que atuam com TBM em projetos reais no *SIEMENS Corporate Research/USA*. Os resultados desta avaliação indicaram a viabilidade de aplicação da infraestrutura proposta em projeto de software que adotem TBM, pois o seu uso reduziu em torno de 50% o tempo total para seleção de TTBM's.

Os detalhes a respeito da construção da infraestrutura computacional, sua arquitetura, descrição de suas funcionalidades e todo o processo para sua avaliação estão apresentados no Capítulo 6 da tese.

3. Contribuições Oferecidas

As principais contribuições desta pesquisa estão classificadas em 4 categorias:

- **Corpo de Conhecimento de TTBM's**

Disponibilização de um corpo de conhecimento contendo a caracterização de 219 TTBM's identificadas na literatura técnica a partir de uma revisão sistemática. Este corpo de conhecimento foi estruturado a partir da consulta a especialistas em TBM por meio de um *survey* (pesquisa de opinião).

- **Abordagem de Apoio à Seleção de TTBM: *Porantim***

Foi definido um processo para apoiar a coleta de informações sobre o projeto de software no qual TTBM's devem ser aplicadas e prover conhecimento técnico a respeito da adequação e impacto de um conjunto de TTBM's em relação a um projeto de software. Tal abordagem foi avaliada experimentalmente, e seus resultados sugerem que *Porantim* seria mais eficiente e efetiva que a segunda abordagem no processo de seleção de TTBM's, e que para os demais aspectos possui comportamento similar.

- **Infraestrutura Computacional de Apoio ao uso de *Porantim***

Foi construída uma infraestrutura computacional a fim de reduzir o esforço da implantação da abordagem *Porantim* em organizações de software. Tal infraestrutura foi utilizada em uma organização internacional que aplica TBM em seus projetos a fim de observar a viabilidade de seu uso. Os resultados, embora não conclusivos, indicam uma redução no tempo total gasto para seleção de TTBM, além de uma avaliação positiva do apoio provido pela infraestrutura computacional pelos profissionais que a utilizam.

- **Metodologia Científica que apoia na Concepção de Tecnologias de Software**

Nesta pesquisa foi adotada uma metodologia científica (descrita na Seção 2) baseada na condução de estudos secundários e primários para apoiar na concepção e avaliação de novas tecnologias de software. Esta metodologia busca agrupar resultados providos por revisões sistemáticas da literatura e a opiniões de especialistas em um tópico de pesquisa para a construção de um corpo de conhecimento sobre diferentes áreas de domínio. Esta metodologia tem sido seguida por outras pesquisas desenvolvidas por membros do Grupo de Engenharia de Software Experimental da COPPE/UFRJ.

Tais contribuições podem ser ainda evidenciadas pelas publicações obtidas durante o desenvolvimento desta pesquisa. Ao total, foram produzidas durante este trabalho 13 publicações de diferentes categorias (Tabela 4), diretamente relacionadas ao tema da pesquisa ou representam desdobramentos do trabalho.

Tabela 4. Produções Científicas

Categoria	Fonte	Ano	Referência
Revistas e Periódicos	IEEE Software Magazine	2008	[12]
	Information and Software Technology Journal	2009	[18]
	Advances in Computers	2010	(a ser publicado)
Conferências Internacionais	Workshop on Empirical Assessment of SW Eng. Languages and Techs.	2007	[11]
	Workshop on Automation of Software Test (AST)	2008	[16]
	International Symposium on Empirical SW Engineering and Measurement	2008	[13]
	Workshop on Automation of Software Test (AST)	2009	[17]
	International Symposium on Empirical SW Engineering and Measurement	2009	[20]
Conferências Nacionais/Latino Americanas	Simpósio Brasileiro de Qualidade e Software (SBQS)	2008	[15]
	Experimental SW Engineering Latin American Workshop (ESELAW)	2008	[7]
	Ibero-American Conference on Software Engineering (CIbSE)	2010	[8]
Relatórios Técnicos	Technical Report of SIEMENS Corporate Research	2006	[9]
	Relatório Técnico ES-713/07 (PESC-COPPE/UFRJ)	2007	[10]

4. Trabalhos Futuros

Os resultados obtidos até o momento resultaram em contribuições explícitas para a engenharia de software, principalmente no que diz respeito a área de teste baseado em modelos, seleção de tecnologias e metodologia científica. Além disso, possibilitaram a organização de um arcabouço de pesquisa científica que permite explorar novas direções de investigação na área de TBM, conforme exemplificado a seguir:

- Prover apoio à utilização e avaliação de TTBM em projetos de software, pois *Porantim* provê atualmente apoio apenas à tarefa de seleção de TTBM.
- Investigar se a inversão do processo de tomada decisão, de forma que a partir das características de um conjunto de TTBM que se deseja aplicar em um projeto de software, identificaria quais seriam as características e requisitos mais adequados para o projeto. Por exemplo, deseja-se aplicar uma TTBM que requer modelos desenvolvidos na notação “X”, com isso, é preciso decidir se os modelos de projeto (design) do software a serem desenvolvidos pelos projetistas e utilizados pelos desenvolvedores já serão desenvolvidos nesta notação, pois assim reduzimos o esforço da construção dos modelos de teste requeridos pela TTBM.

- Evolução da abordagem *Porantim* no sentido de prover apoio à seleção de TTBM's para portfólio de projetos em uma organização de software.

Referências

- [1] Basili, V. R., Rombach, H. D. (1991), "Support for comprehensive reuse". *Software Engineering Journal* 6(5): September, pp. 303-316.
- [2] Vegas, S.; Basili, V. (2005), "A Characterization Schema for Software Testing Techniques", *Empirical Software Engineering*, v.10 n.4, p.437-466, October.
- [3] Birk, A. (1997), "Modelling the application domains of software engineering technologies", In: *International Conference on Automated Software Engineering*. Lake Tahoe, CA, Nov.
- [4] Maiden, N. A. M.; Rugg, G. (1996), "ACRE: Selecting methods for requirements acquisition", *Software Engineering Journal* 11(3): 183-192.
- [5] Aranda, G. N., Vizcaino, A., Cechich, A., Piattini, M. (2006), "Technology Selection to Improve Global Collaboration", In: *ICGSE'2006*, Outubro, pp. 223-232.
- [6] Utting, M.; Legeard, B.; (2007), "Practical Model-Based Testing: A Tools Approach", ISBN-13: 978-0-12-372501-1, Morgan-Kaufmann.
- [7] Spínola, R. O.; Dias-Neto, A. C.; Travassos, G. H. (2008), "Abordagem para Desenvolver Tecnologia de Software com Apoio de Estudos Secundários e Primários". In: *Experimental Software Engineering Latin American Workshop (ESELAW)*, Salvador.
- [8] Dias-Neto, A.C., Spínola, R.O., Travassos, G.H. (2010), "Developing Software Technologies through Experimentation: Experiences from the Battlefield", In: *XIII Ibero-American Conference on Software Engineering (CIbSE 2010)*, Cuenca, Equador.
- [9] Dias-Neto, A.C.; Subramanyan, R.; Vieira, M.; (2006), "Characterization of Model-based Software Testing Approaches", *SIEMENS Corporate Research, Technical Report*, USA.
- [10] Dias-Neto, A.C.; Subramanyan, R.; Vieira, M.; Travassos, G.H. (2007), "Characterization of Model-based Software Testing Approaches", *Rel. Tec. ES-713/07*, PESC-COPPE/UFRJ.
- [11] Dias-Neto, A. C., Subramanyan, R.; Vieira, M.; Travassos, G.H. (2007), "A survey on model-based testing approaches: a systematic review". In: *Workshop on Empirical Assessment of Software Engineering Languages and Technologies*, Atlanta, Novembro, pp 31-36.
- [12] Dias-Neto, A.C.; Subramanyan, R.; Vieira, M.; Travassos, G.H.; Forrest, S. (2008), "Improving Evidence about Software Technologies: A Look at Model-Based Testing", *IEEE Software*, Vol. 25, Issues 3, pp 10-13, Maio.
- [13] Dias-Neto, A.C., Travassos, G.H. (2008), "Surveying on Model Based Testing Approaches Characterization Attributes", *Proceeding of ESEM'08*, Outubro, Kaiserslautern, Alemanha.
- [14] Vegas, S.; Basili, V. (2005), "A Characterization Schema for Software Testing Techniques", *Empirical Software Engineering*, v.10 n.4, p.437-466, October.
- [15] Dias-Neto, A.C.; Travassos, G.H.; (2008), "Estratégia para Apoiar a Seleção de Abordagens de Teste Baseado em Modelos para Projetos de Software", No: *VII Simpósio Brasileiro de Qualidade e Software*, Florianópolis, SC, Junho.
- [16] Dias-Neto, A. C., Travassos, G. H. (2008), "Supporting the selection of model-based testing approaches for software projects". In: *3rd international Workshop on Automation of Software Test (Leipzig, Germany, May)*. AST '08. pp. 21-24, Maio.
- [17] Dias-Neto, A.C.; Travassos, G.H. (2009), "Porantim: An Approach to Support the Combination and Selection of Model-Based Testing Techniques", In: *4th Workshop on Automation of Software Test*, Vancouver, Maio.
- [18] Dias-Neto, A.C.; Travassos, G.H. (2009), "Model-based Testing Approaches Selection for Software Projects", In: *Information and Software Technology*, Vol 51, Is. 11, pp. 1487-1504.
- [19] Berger, P. (2003), "Instanciação de Processos de Software em Ambientes Configurados na Estação TABA", *Dissertação de Mestrado COPPE/UFRJ*. Rio de Janeiro.
- [20] Dias-Neto, A.C., Travassos, G.H. (2009), "Evaluation of {model-based} Testing Techniques Selection Approaches: an External Replication", In: *ESEM'09*, Out, Lake Buena Vista, EUA.
- [21] Dias-Neto, A. C.; Travassos, G. H. (2006), "Maraká: Uma Infra-estrutura Computacional para Apoiar o Planejamento e Controle de Testes de Software". In: *Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software*, Vila Velha-ES, Junho.