

Avaliando a Influência da Ausência de Dados na Simulação de Processos de Software em uma Pequena Empresa

Reinaldo Cabral e Ana Regina Rocha

Programa de Engenharia de Sistemas e Computação
Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ
Caixa Postal 68511 – CEP 21945-970 – RJ – Brasil
{cabral, darocha}@cos.ufrj.br

Abstract. The software organizations have found obstacles to use software process simulation as a tool to improve their competitiveness. The lack of data to build accurate models, the immaturity of software organizations and the shortage of specialists in the field to be modeled are aspects that hinder the construction of simulation models. In this context, a study was started aiming to evaluate how the lack of data may influence the construction of useful simulation models for software organizations. The preliminary results indicate that the lack of data to build simulation models imposes restrictions to model's accuracy; even so, the models can be useful and add value to organizations.

Keywords: Software Engineering, Simulation, Software Processes.

1 Introdução

Independente da estratégia de negócio, tecnologia ou tamanho da organização, a busca por competitividade perpassa pela melhoria de indicadores relacionados à satisfação dos clientes, diminuição dos custos, aumento da qualidade, diminuição do prazo e/ou do esforço requerido para prover produtos e serviços. Neste contexto, a capacidade de predizer o comportamento da organização, emerge como um diferencial competitivo desejável.

A realização de predições pode ser feita com base no conhecimento tácito de especialistas no domínio, com base no conhecimento explícito, representados por modelos formais construídos a partir de bases de dados históricas; ou por uma combinação de ambos, a exemplo de especialistas que utilizam modelos formais combinados aos seus modelos mentais na tentativa de potencializar a acurácia das predições [1].

Um dos argumentos em favor do uso de modelos para apoiar predições é que a capacidade dos seres humanos de estabelecer relações não lineares entre múltiplos fatores, aspecto inerente a sistemas complexos, é extremamente limitada [2]. Além

disso, a habilidade do indivíduo e a complexidade das tarefas envolvidas na predição influenciam de forma significativa a acurácia do modelo mental [3].

No âmbito do desenvolvimento de software, Müller e Pfahl [4] afirmam que há um consenso de que pessoas que entendem um processo estático (atividades, artefatos, recursos, papéis e seus relacionamentos) e têm dados sobre ele, encontram dificuldades para antecipar o comportamento do processo de software devido à complexidade inerente ao desenvolvimento de software. Processos de software podem conter diversas iterações, tais como ciclos de retrabalho associados à correção de defeitos, e estes podem levar a retardos no tempo que podem variar de minutos a anos. Nestes cenários complexos, a capacidade humana de realizar predições acuradas é significativamente reduzida.

O uso de modelos de simulação de processos de software como instrumento preditivo vem sendo aplicado há um número crescente de cenários. Zhang *et al.* [5] identificaram dezenas de publicações, agrupadas em dezenove domínios de aplicação, dentre eles, evolução de software, melhoria de processo, desenvolvimento geral, requisitos, educação, linha de produto e outros. Este fato denota a amplitude potencial para aplicação de simulação de processos de software nas organizações, que pode prover importantes benefícios tanto para organizações de baixa maturidade [6], como organizações que almejam atingir a alta maturidade [7].

Dois principais problemas que fazem com que a indústria não usufrua de todo o potencial desta tecnologia [8]: a dificuldade para construir e manter modelos de simulação e a inexistência ou dificuldade para adquirir medidas para construção dos modelos. Esta ausência de bases de dados históricos e a incerteza dos projetos de software também dificultam a determinação dos valores iniciais dos parâmetros dos modelos [9].

Diante das potencialidades da simulação de processos de software como instrumento catalisador da competitividade, percebe-se a necessidade de aprofundar o conhecimento relacionado aos óbices à sua ampla disseminação, especialmente em pequenas empresas de software.

Este trabalho apresenta resultados preliminares de um estudo que se propõe observar a influência da escassez de dados históricos na construção de modelos de simulação úteis às organizações. Para apoiar o entendimento das questões chave tratadas neste trabalho, a seção seguinte apresenta uma visão geral da simulação de processos de software. A seção três apresenta um mecanismo que foi construído para facilitar a construção de modelos de simulação. A seção quatro descreve o estudo realizado e os resultados preliminares. Por fim, na quinta seção, são feitas considerações finais.

2 Simulação de Processos de Software

Um modelo de simulação é considerado um modelo matemático desenvolvido com o auxílio de um software de simulação [10]. Realizar uma simulação significa operar um modelo de simulação, que pode ser manipulado para avaliar o desempenho de um sistema, existente ou proposto, sob diferentes configurações ao longo do tempo.

Segundo Kellner *et al.* [11], a construção de um modelo de simulação de processos de software deve considerar três questões fundamentais: por que simular? o que simular? e como simular? Para os autores, geralmente a motivação para simulação está baseada na necessidade de apoiar a tomada de decisão, apoiar a redução de riscos e auxiliar a gerência nos níveis operacional, tático e estratégico. Determinar o que simular é uma decisão que deve considerar o que se deseja manipular, a amplitude, os potenciais efeitos da manipulação e como os resultados da manipulação devem/podem ser observados. Abordagens, linguagens e paradigmas de simulação, bem como questões relacionadas aos dados a serem utilizados, são aspectos que precisam ser considerados na definição do como simular.

Para suprir a ausência de guias que apoiem a seleção do paradigma de simulação mais adequado, Zhang *et al.* [12] propuseram um arcabouço fundamentado na premissa que o sucesso da adoção de um determinado paradigma de simulação está associado ao nível de maturidade que a organização possui. Para os autores, simulações com modelos híbridos (contínuos e evento-discretos), por exemplo, são recomendadas apenas para organizações que possuem o nível 4 ou 5 do CMMI. O principal argumento é que em organizações com níveis menores de maturidade, os dados utilizados podem refletir potenciais inconsistências dos processos e da definição das medidas.

Com relação ao progresso, Raffo e Wakeland [13] mencionam que novas ferramentas têm feito avanços significativos para reduzir o esforço para simulação de processos de software nas dimensões de desenvolvimento do modelo, coleta de dados para subsidiar a modelagem, uso do modelo e manutenção do modelo. Além de estes aspectos influenciarem diretamente na redução do esforço, a associação à métodos analíticos têm permitido realizar inferências úteis de forma rápida e facilitado a construção de modelos de simulação [14].

Para continuar avançando nesta direção, é preciso investir na realização de estudos capazes de revelar as causas da disseminação incipiente da tecnologia simulação e na construção de evidências que comprovem que as propostas para tratar as questões cruciais são efetivas.

3 Um Micromodelo de Simulação de Processos de Software

Com o intuito de facilitar a construção de modelos de simulação durante as experiências que os autores deste trabalho estão realizando na indústria, foi projetado um micromodelo de simulação de processos de software (MSPS) que representa o comportamento básico da execução de uma atividade de um processo de software.

A construção do MSPS também sofreu influência das idéias descritas em [15], [8] e [14], que, respectivamente, propõem a aplicação de micropadrões de modelos de simulação para potencializar a reutilização; a utilização de blocos genéricos para facilitar a construção de modelos de simulação; e a combinação de paradigmas de simulação para construção de modelos híbridos, neste caso, evento-discreto com dinâmica de sistemas.

Essencialmente, o micromodelo representa a quantidade de trabalho a ser realizado sob a uma determinada taxa de produção indicada pelo atributo *Produtividade*. O

atributo *Disponibilidade* representa a quantidade de horas diárias que o colaborador ou equipe alocada destinará para a execução da atividade.

Cada colaborador ou equipe, ao longo das suas atividades, pode inserir defeitos no produto, o atributo *TaxaInclusaoDefeitos* representa esta medida.

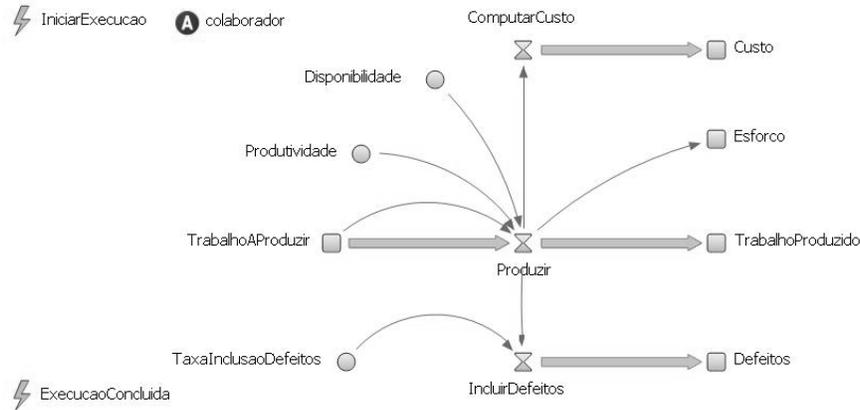


Figura 1. MSPS - Micromodelo de Simulação de Processos de Software.

A computação do custo é realizada com base no custo-hora dos colaboradores alocados e contabiliza apenas as horas produtivas. Dois eventos são utilizados para controlar o início e o fim da execução das instâncias do micromodelo e possibilitam o encadeamento entre todas as instâncias durante a execução do processo.

O micromodelo foi desenvolvido na ferramenta comercial Anylogic¹, que provê apoio à construção de modelos de simulação utilizando os paradigmas evento-discreto, dinâmica de sistemas e baseado em agentes.

4 O Estudo

O objetivo do estudo está descrito na Tabela 1 de forma estruturada, utilizando a abordagem *Goal-Question-Metrics* [16].

Tabela 1. Objetivo do Estudo.

Analisar	a influência da ausência de dados na construção de modelos de simulação.
Com o propósito de	observar a utilidade do modelo de simulação resultante.
Em relação à	capacidade preditiva para apoiar a elaboração de estimativas de custo, prazo e esforço.
Do ponto de vista	do gerente de projetos.
No contexto de	uma pequena organização de software.

¹ <http://www.xjtek.com/>

O estudo está restrito à seguinte questão de pesquisa: um modelo de simulação, construído a partir de um conjunto reduzido de dados de uma organização de software, poderia ser aplicado satisfatoriamente como um instrumento preditivo para apoiar a realização de estimativas de prazo, esforço e custo?

As medidas identificadas utilizadas para observar o comportamento do modelo foram: custo estimado pela atual abordagem, custo calculado pelo modelo de simulação, custo real, prazo estimado pela atual abordagem, prazo calculado pelo modelo de simulação, prazo real, esforço estimado pela atual abordagem, esforço calculado pelo modelo de simulação e esforço real.

4.1. Caracterização da Organização

A NTech Tecnologia de Informação Ltda.², fundada em 1996, é uma empresa que presta serviços relacionados à Tecnologia da Informação na região nordeste do Brasil. A unidade de negócio alvo do estudo é a fábrica de software, que tem por base uma linha de produção de sistemas que também desenvolve projetos corporativos de sítios eletrônicos e portais. A empresa conta com um quadro de 15 colaboradores.

A Tabela 2 apresenta os dados disponíveis na organização para a construção do modelo de simulação. Estes dados são utilizados pela atual abordagem de estimativa.

Tabela 2. Dados disponíveis para a construção dos modelos de simulação

Processo padrão definido. O processo padrão prescreve todas as atividades que precisam ser realizadas ao longo do projeto e define a relação de dependência entre elas. Ele contém 56 atividades organizadas em 14 macroatividades dispostas em 3 fases. As atividades estão relacionadas ao planejamento e monitoração de projetos, garantia da qualidade, testes, gerência de configuração e outras.
Disponibilidade diária de cada recurso. Cada recurso da organização pode possuir uma carga horária diária de alocação diferenciada.
Custo da hora de trabalho por papel. Cada profissional pode assumir diversos papéis e sua remuneração é determinada pelo valor por hora trabalhada conforme o papel que o profissional assumiu.
Tamanho dos projetos. Calculado utilizando a métrica Pontos por Caso de Uso.
Registro de esforço para cada atividade do processo. À medida que as atividades dos processos são executadas, os colaboradores registram a data/hora de início e fim das tarefas.
Produtividade. Calculada a partir da base histórica dos projetos de acordo com o papel exercido. Representa a taxa de construção utilizada pela organização. Razão entre o tamanho do produto de trabalho pelo esforço requerido para construí-lo.

Atualmente a NTech utiliza a métrica pontos de caso de uso para computar o tamanho do software. A partir daí, a produtividade dos desenvolvedores, computada a partir do histórico de projetos, serve de insumo para determinação do esforço, prazo e custo requerido para o desenvolvimento do software. Após realizar uma macroestimativa, a organização constrói outra estimativa utilizando uma abordagem *bottom-up* com o uso da estrutura analítica do projeto. A estimativa de cada elemento da estrutura analítica do projeto considera o histórico de projetos anteriores,

² Mais informações podem ser obtidas no site da empresa: <http://www.ntech.com.br/>

especificamente, o esforço médio requerido para realizar as atividades do processo e as peculiaridades do novo projeto. Em seguida, ambas as estimativas são confrontadas para constituir uma estimativa final, que é acrescida de uma margem de segurança.

4.2 O Modelo de Simulação

Após a organização de software ter aceitado o convite para participar do estudo, foi dado início à construção do modelo de simulação, seguindo os passos gerais sugeridos em [4]. Foram identificadas questões críticas que poderiam servir de alvo de simulações e que poderiam agregar valor à organização, o que culminou com a seleção da “Elaboração das Estimativas” como a atividade mais sensível sob o ponto de vista de negócio da organização.

Uma vez que o alvo da simulação foi definido, o processo de desenvolvimento, os instrumentos atualmente utilizados para realizar as estimativas e os conceitos relacionados à elaboração de estimativas foram mapeados logicamente para um modelo conceitual de referência.

Neste ponto, foram observadas algumas dificuldades para modelar a “margem de segurança das estimativas”, que se tratava de um elemento abstrato incorporado ao conhecimento tácito do gerente de projeto. Constatou-se que não havia uma regra pré-definida para estabelecer esta margem, e que os projetos poderiam ser acrescidos de 5% a 15% nas variáveis de custo, prazo e esforço, conforme a percepção de risco do gerente do projeto, que considerava o impacto das demandas oriundas de outros projetos, características do cliente e características do projeto a ser desenvolvido.

Diante de tantas variáveis que precisariam ser consideradas para formalizar o conhecimento tácito inerente ao acréscimo da margem de segurança nos projetos, optou-se por não considerar a inclusão deste elemento do modelo. A expectativa era que o impacto desta decisão pudesse ser observado nos resultados do modelo que, a priori, deveria apresentar uma diferença equivalente à margem acrescida.

Por outro lado, foi observado que a atual abordagem de estimativas não levava em consideração os ciclos de realimentação existentes no processo de desenvolvimento, por exemplo, o esforço relacionado aos ciclos *avaliação-correção-avaliação* dos produtos de trabalho. Devido a ausência de uma amostra representativa que permitisse formalizar matematicamente a incidência de falhas nos produtos de trabalho, optou-se pelo uso de parâmetros para que a organização pudesse calibrar o seu modelo manualmente, quando novos dados estiverem disponíveis.

Reunidas todas as informações necessárias, a construção do modelo foi iniciada. Esta atividade consumiu em torno de 42 HH de esforço do pesquisador, visto que esta foi facilitada pelo uso do micromodelo descrito na seção três, o qual foi instanciado para cada atividade do processo.

Conforme pode ser observado na Figura 2, a produtividade não foi considerada para todas as atividades representadas no modelo. Isto porque o cálculo da produtividade levava em conta o tamanho do projeto e, para algumas atividades, não foi possível observar claramente a correlação entre o tamanho do projeto e o esforço demandado para realizar a atividade. Nestes casos, foi considerado que, independente do tamanho do projeto, a atividade seria executada com um esforço próximo ao médio, com base na limitada amostra de dados disponíveis.

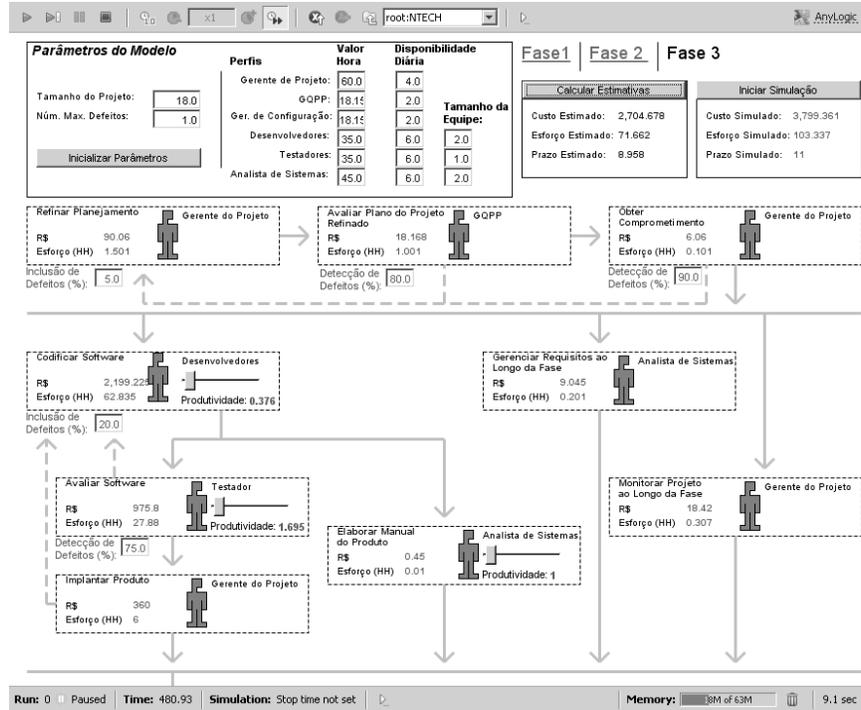


Figura 2. Simulação da Fase 3 do processo da NTEch. Cada medida apresentada neste trabalho foi multiplicada por um fator com o intuito de manter a confidencialidade dos dados da organização, tal como consta no acordo firmado entre a empresa e os pesquisadores.

A dificuldade de construir o modelo sem os dados revelou-se mais complexa ao ser constatada uma grande disparidade em algumas medidas, especialmente aquelas relacionadas às novas atividades inseridas no processo de desenvolvimento, como as de garantia da qualidade e gerência de configuração. Foi observado que a coleta disciplinada de medidas ainda não estava institucionalizada. Por esta razão, alguns registros individuais de tarefas não constavam no repositório organizacional de medidas. Diante das dificuldades, as decisões sobre quais valores deveriam ser considerados ficaram a cargo da organização, que procurou aplicar o mesmo raciocínio utilizado na elaboração das estimativas.

O algoritmo atualmente utilizado para realizar a macroestimativa também foi inserido como acessório no modelo. Assim, é possível avaliar a diferença entre a estimativa algorítmica utilizada na macroestimativa *versus* o resultado da simulação. É importante destacar que essa estimativa algorítmica não considera o paralelismo entre as atividades, aspecto que é considerado apenas no refinamento das estimativas através do uso da estrutura analítica do projeto durante a elaboração do cronograma.

O modelo construído não considera outros ciclos de realimentação existentes durante a execução do processo de software, a exemplo do ciclo de aprendizado durante a execução das atividades do processo [17] e de outros que não são triviais de

identificar [18]. Também não foram considerados aspectos relacionados à política organizacional, como o algoritmo de alocação dos recursos de acordo com o nível de habilidade e conhecimento dos colaboradores.

O ajuste do modelo ao seu propósito foi avaliado seguindo alguns procedimentos propostos em [19]. O gerente de projeto da organização avaliou se os conceitos foram corretamente interpretados e, através de uma verificação visual, se todos aqueles haviam sido incorporados no modelo construído. Em seguida foi realizado um teste caixa preta, que consistiu em verificar se o modelo se comportava como o previsto ao aplicar dados históricos dos projetos, que, dado o tamanho e qualidade da amostra, ficou restrita a uma simples comparação numérica.

Não há como um modelo ser absolutamente correto, pois, por definição, modelos são aproximações da realidade [19]. Contudo, é importante assegurar que o modelo se ajusta ao propósito e que o modelo reflete adequadamente o comportamento do sistema modelado no mundo real. Esta ação auxilia no aumento da credibilidade nos modelos de simulação, ao ponto de fazê-los aceitáveis para gerentes e outros tomadores de decisão [4].

4.3 Resultados Preliminares

A Tabela 3 apresenta os dados obtidos quando aplicada a simulação em apenas um projeto que não fez parte da amostra utilizada na construção do modelo. Os resultados ilustrados abaixo se referem apenas à Fase 3, ilustrada na Figura 2.

Tabela 3. Resultados obtidos a partir do projeto OSC.

	Estim. Especialista	Estim. Algorítmica	Simulação	Real
Custo (R\$)	4.566,80	2.704,67	3.799,36	2.238,86
Esforço (HH)	121	71,66	103,33	61,46
Prazo	13	8,95	11	20

Logo após a conclusão do projeto OSC, foi iniciada uma investigação no sentido de compreender as discrepâncias entre os resultados.

O dado que chamou mais atenção foi o do prazo, que foi inferior ao da estimativa e praticamente a metade do realizado. Imaginava-se que a diferença tivesse sido influenciada pela indisponibilidade dos profissionais, o que explicaria o longo prazo e o baixo esforço realizado. No entanto, foi observado que o retardo inerente à comunicação da equipe também pode ter influenciado no prazo. Entre a atividade de refinamento do plano e a avaliação da qualidade, por exemplo, havia um retardo próximo de dois dias úteis. Também foi constatado que alguns registros de execução de atividades não haviam sido feitos. Este fato implica diretamente no esforço e no custo real do projeto, que é computado com base nos registros de esforço investido em cada atividade executada pelos colaboradores. A estimativa algorítmica para o esforço e prazo foi aparentemente melhor. Porém, o fato do algoritmo não considerar o paralelismo entre atividades pode ter colaborado com este resultado, sem mencionar o decréscimo do custo e esforço reais devido à ausência de registros das atividades.

Com relação à questão de pesquisa, considerando os dados coletados de apenas um novo projeto, não é possível afirmar que o instrumento é útil no que tange a realização de estimativas. Apenas com dados de novos projetos será possível apreciar a questão.

Mesmo assim, importantes observações foram realizadas ao longo do estudo, dentre as mais relevantes: (i) a comunicação pode exercer uma influência significativa no prazo dos projetos da organização, por isso é interessante considerá-la nas estimativas; (ii) o uso de interfaces visuais para facilitar a interação com os usuários pode estimular o uso da simulação; e (iii) a reflexão necessária à materialização do conhecimento implícito no modelo de simulação permitiu que a organização identificasse oportunidades de melhoria para aumentar a acurácia das estimativas.

Também foi observado que o registro de tarefas, no momento em que elas são realizadas e de forma aderente ao processo, poderia revelar, quantitativamente, a influência do retardo da comunicação no prazo dos projetos.

As incertezas sobre algumas medidas implicaram o uso de parâmetros no modelo. Desta forma, à medida que novos dados estejam disponíveis, a própria organização poderá realizar a calibração sem que seja preciso alterar a estrutura do modelo.

Na percepção da organização, o uso do modelo de simulação poderia facilitar a avaliação da capacidade de atender as restrições de prazo impostas pelos clientes. Além disso, a simulação também poderia prover condições de avaliar diversas configurações da equipe para buscar o equilíbrio entre o custo e as necessidades do cliente, desde que o modelo seja calibrado adequadamente.

5 Considerações Finais

A construção de modelos de simulação em pequenas empresas representa um grande desafio. A ausência de dados e a variabilidade dos projetos dificultam ainda mais a tarefa. Embora o estudo ainda não tenha provido nenhum indício significativo, as observações realizadas foram muito valiosas para os demais estudos em execução.

Esta fase do estudo apenas sugere que organizações que possuem um processo padrão definido e um programa de medição bem institucionalizado têm chances de usufruir dos benefícios oferecidos pelo paradigma de simulação híbrida. O que pode assinalar que a seleção do paradigma para construção de modelos de simulação não está relacionada com o nível de maturidade que a organização possui, como sugerido em [12]. Este aspecto será alvo de futuras investigações.

Na perspectiva da organização, acredita-se que se a base histórica fosse mais representativa, os resultados da simulação poderiam ser melhores do que a atual abordagem utilizada. Diante desta crença e da facilidade para utilizar o modelo de simulação, a organização se comprometeu a continuar apoiando a execução do estudo, realizando simulações na elaboração das estimativas nos próximos projetos.

Concluindo, vale ressaltar que a realização de experiências *in vivo* não é trivial, especialmente no contexto de pequenas empresas. Porém, é preciso realizar o exercício de forma cuidadosa e disciplinada para aumentar o entendimento sobre a realidade e os problemas que entravam o desenvolvimento destas empresas, e então, reunir subsídios concretos para o desenvolvimento de tecnologias efetivas.

Agradecimentos. À NTech Tecnologia de Informação Ltda., por autorizar a experiência; ao gerente de projetos da NTech, Klevison Matias, por sua colaboração; e ao CNPQ e à Universidade Federal de Alagoas pelo apoio financeiro.

Referências

1. Jørgensen, M.: Forecasting of software development work effort: Evidence on expert judgement and formal models. *International Journal of Forecasting* **23** (2007) 449-462
2. Sterman, J.D.: *System dynamics modeling for project management*. Sloan School of Management. Massachusetts Institute of Technology Cambridge, MA (1992)
3. Gary, S., Wood, R.: *Mental Models, Decision Making, and Performance in Complex Tasks*. In: Sterman, J.D., Repenning, N.P., Langer, R.S., Rowe, J.I., Yanni, J.M. (eds.): *The 23rd International Conference of the System Dynamics Society*. System Dynamics Society, Boston, USA (2005)
4. Müller, M., Pfahl, D.: *Simulation Methods*. In: Shull, F., Singer, J., Sjøberg, D.I.K. (eds.): *Guide to Advanced Empirical Software Engineering*. Springer, London (2008) 117-152
5. Zhang, H., Kitchenham, B., Pfahl, D.: Reflections on 10 Years of Software Process Simulation Modeling: A Systematic Review. *Making Globally Distributed Software Development a Success Story*, Vol. 5007/2008. Springer Berlin/Heidelberg (2008) 345-356
6. Raffo, D.: *Getting the Benefits from Software Process Simulation*. International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering, Kaiserlautern, Germany (1999)
7. Miller, M.J., Pulgar-Vidal, F., Ferrin, D.M.: Achieving Higher Levels of CMMI Maturity Using Simulation. In: Yucesan, E., Chen, C.H., Snowdon, J.L., Charnes, J.M. (eds.): *Winter Simulation Conference* (2002) 1473-1478
8. Raffo, D., Nayak, U., Wakeland, W.: Implementing Generalized Process Simulation Models. *Proceedings of the 6th International Conference on Software Process Simulation and Modeling (ProSim 2005)*, St. Louis, Missouri (2005) 139-143
9. Ruiz, M., Ramos, I., Toro, M.: A simplified model of software project dynamics. *Journal of Systems and Software* **59** (2001) 299-309
10. Maria, A.: Introduction to Modeling and Simulation. *Simulation Conference, 1997., Proceedings of the 1997 Winter* (1997) 7-13
11. Kellner, M.I., Madachy, R.J., Raffo, D.M.: Software process simulation modeling: Why? What? How? *Journal of Systems and Software* **46** (1999) 91-105
12. Zhang, H., Kitchenham, B., Jeffery, R.: A Framework for Adopting Software Process Simulation in CMMI Organizations. *Software Process Dynamics and Agility* (2007) 320-331
13. Raffo, D.M., Wakeland, W.: Moving Up the CMMI Process Maturity Levels Using Simulation. *Software Engineering Measurement and Analysis*. Carnegie Mellon University, Software Engineering Institute (2007) 134
14. Donzelli, P., Iazeolla, G.: Hybrid simulation modelling of the software process. *Journal of Systems and Software* **59** (2001) 227-235
15. Khosrovian, K., Pfahl, D., Garousi, V.: GENSIM 2.0: A Customizable Process Simulation Model for Software Process Evaluation In: Wang, Q., Pfahl, D., Raffo, D. (eds.): *Making Globally Distributed Software Development a Success Story*, Vol. 5007/2008. Springer Berlin / Heidelberg, Leipzig (2008) 294-306
16. Basili, V., Caldiera, G., Rombach, D.: Goal Question Metric Approach. *Encyclopedia of Software Engineering*, Vol. 2. John Wiley & Sons (1994) 528-532
17. Hanakawa, N., Matsumoto, K.-i., Torii, K.: A Knowledge-Based Software Process Simulation Model. *Annals of Software Engineering* **14** (2002) 383-406
18. Lehman, M.M., Perry, D.E., Turski, W.: Difficulties with Feedback Control in Software Processes. In: Madhavji, N.H., Fernández-Ramil, J.C., Perry, D.E. (eds.): *Software Evolution and Feedback: Theory and Practice*. John Wiley & Sons (2006) 363-375
19. Robinson, S.: Simulation Model Verification and Validation: Increasing The Users' Confidence. In: Andradottir, S., Healy, K.J., Withers, D.H., Nelson, B.L. (eds.): *Simulation Conference, 1997., Proceedings of the 1997 Winter*. IEEE, Atlanta, Georgia, U.S.A (1997) 53-59