

# Fatores Técnicos, Humanos e Organizacionais: Qual Fator Prepondera na Produtividade do Programador de Organizações de Software?

Edson Oliveira<sup>1</sup>, Marco Cristo<sup>1</sup>, Tayana Conte<sup>1</sup>

<sup>1</sup>USES – Grupo de Pesquisa em Usabilidade e Engenharia de Software – Universidade Federal do Amazonas (UFAM) – Manaus – AM – Brasil

{edson.cesar,marco.cristo,tayana}@icomp.ufam.edu.br

**Abstract.** *Software organizations should invest in improving their programmers to remain efficient and competitive. However, the establishment of effective improvement practices must be based on the preponderant factors that in fact have influence on the programmer's productivity. Several works in the literature have identified different factors that influence the programmer's productivity. This work aims to analyze technical, human and organizational factors, and their influence on the productivity variation of programmers, measured from data obtained in organization's software repositories.*

**Resumo.** *As organizações de software devem investir no aprimoramento de seus programadores para se manterem eficientes e competitivas. Porém, a criação de práticas de aprimoramento eficazes deve fundamentar-se nos fatores preponderantes que exerçam influência de fato sobre a produtividade do programador. Diversos trabalhos na literatura identificaram diferentes fatores que exercem influência na produtividade do programador. Este trabalho visa analisar os fatores técnicos, humanos e organizacionais e a sua influência na variação da produtividade dos programadores, medida a partir dos repositórios de software da organização.*

## 1. Caracterização do Problema

A atividade de desenvolvimento de software tem sido caracterizada como uma atividade essencialmente humana [Amrit *et al.* 2014]. Ulrich (1998) aponta que as organizações de sucesso serão aquelas que melhor se adaptarem no recrutamento, aprimoramento e retenção dos seus profissionais com as habilidades, perspectivas e experiências necessárias para a organização. Uma década após, Guthridge *et al.* (2008) afirmam que as organizações promovem a ideia de que seus profissionais são a sua maior fonte de vantagem competitiva. Porém, a maioria das empresas ainda está despreparada para o desafio de encontrar, motivar e reter os seus profissionais competentes [Guthridge *et al.*, 2008].

Portanto, nota-se uma necessidade de investimento das organizações de software em práticas que possam não somente recrutar, mas principalmente aprimorar os seus engenheiros de software, a fim de se manterem eficientes e competitivas. Os modelos de processos *People Capability Maturity Model* (P-CMM) [Curtis *et al.* 2009] e *Melhoria e Processo do Software Brasileiro – Gestão de Pessoas* (MR-MPS-RH) [Softex 2014] foram criados com base nesta necessidade de gerir a relação das organizações de software com os seus profissionais.

Uma organização de software, ao implementar a recomendação de aprimorar continuamente seus engenheiros de software, deve estabelecer práticas eficazes. Estas práticas devem ser baseadas nos fatores preponderantes que possam de fato influenciar e contribuir para o aprimoramento dos seus engenheiros. Na literatura encontramos diferentes fatores que influenciam a produtividade do programador de software, podendo ser agrupados em: (a) fatores humanos, como a personalidade do programador [Cruz *et al.* 2011] e a sua motivação [França *et al.* 2011]; (b) fatores técnicos, como o conhecimento técnico e experiência do programador [CMMI Product Team 2010] associados a elementos como a linguagem de programação, a plataforma de desenvolvimento, as ferramentas utilizadas, etc.; e (c) fatores organizacionais, como os processos [Curtis *et al.* 2009] e a cultura organizacional [Mathew *et al.* 2012] e seus impactos sobre o programador e suas atividades.

Este trabalho objetiva analisar e investigar a influência dos fatores técnicos, humanos e organizacionais, na produtividade do programador de organizações de software. A questão de pesquisa que este trabalho visa responder é:

- Qual a preponderância entre os fatores técnicos, humanos e organizacionais na influência sobre a produtividade dos programadores de uma organização de software?

Além desta seção de caracterização do problema, este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica e os trabalhos relacionados; a Seção 3 apresenta os objetivos; a Seção 4 apresenta o método de pesquisa e o estado atual do trabalho; e a Seção 5 apresenta os resultados esperados e as considerações finais.

## 2. Fundamentação Teórica e Trabalhos Relacionados

O desenvolvimento de projetos de software é uma atividade humana com extremas incertezas desde o início [Trendowicz e Münch 2009], onde as pessoas são vistas como a maior fonte de variação no desempenho de projetos de software. Provavelmente devido a isso, o aprimoramento contínuo dos profissionais nas organizações de software é uma das recomendações constantes nos diversos modelos de processos que surgiram nas últimas décadas, tais como o MR-MPS-SW (*Melhoria e Processo do Software Brasileiro – Software*), o MR-MPS-RH (*Melhoria e Processo do Software Brasileiro – Gestão de Pessoas*), o CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) e o P-CMM (*People Capability Maturity Model*) [Josko e Cortez 2005]. Porém, para avaliar a eficácia de qualquer prática adotada pela organização de software a fim de aprimorar a produtividade dos seus engenheiros, é necessário medir a variação de produtividade destes engenheiros [Fenton e Pfleeger 1998].

A produtividade de um programador pode ser conceitualmente definida como o número de unidades de produto, representadas por métricas extraídas do código fonte, desenvolvidas em uma unidade de esforço, representadas normalmente pelo tempo ou custo [Mockus 2009]. Existem diversos trabalhos contendo variadas estratégias de medição da produtividade [Petersen 2011]. Uma das estratégias envolve a medição através das informações contidas no código fonte que se encontram frequentemente armazenadas em repositórios de software da organização. Os dados contidos nestes repositórios têm possibilitado a extração e mineração de informações que permitem uma análise mais específica dos programadores [Moura *et al.* 2014]. Na literatura são

encontrados trabalhos que mineram o desempenho individual em desenvolvimento colaborativo [Zhang *et al.* 2008]; e que extraem métricas de repositórios de software para comparação dos programadores [Moura *et al.* 2014].

Com base nas métricas extraídas dos repositórios de software, podemos identificar indicadores de produtividade dos programadores das organizações de software. Estes indicadores permitem caracterizar a variação da produtividade do programador durante o desenvolvimento de software. Na literatura existem diversos trabalhos que associam diferentes fatores à variação da produtividade do programador [Cruz *et al.* 2015; Mathew *et al.* 2012; França *et al.* 2011; Trendowicz e Münch 2009], tais como: personalidade, motivação, conhecimento, experiência, processo e cultura organizacional, que neste trabalho são classificados como fatores humanos, técnicos e organizacionais.

O conhecimento e a experiência nas tecnologias e ferramentas utilizadas durante o desenvolvimento de software, como a linguagem de programação, são considerados como o fator mais influente na produtividade de software [Trendowicz e Münch 2009]. Os fatores técnicos considerados neste trabalho referem-se à competência individual adquirida pela educação especializada e à experiência na prática que um indivíduo possua e deva desenvolver para realizar um tipo determinado de atribuição na organização [Softex 2014; Curtis *et al.* 2009]. As organizações de software fazem as suas definições de cargos e funções baseadas nestes fatores. Eles também servem de requisitos para as vagas anunciadas para recrutamento de novos programadores.

Entre os fatores humanos a serem investigados estão a personalidade e a motivação. Cruz *et al.* (2015) executaram um mapeamento sistemático sobre estudos relacionados à personalidade na engenharia de software. A motivação é considerada por pesquisadores e engenheiros de software como a fonte de muitos benefícios, tais como o desempenho, a produtividade, a retenção e o sucesso [Beecham *et al.* 2008]. França *et al.* (2011) fizeram uma revisão sistemática de literatura sobre a motivação e mostram que entre os sinais externos da motivação por parte dos engenheiros de software estão a produtividade e o sucesso do projeto.

Os fatores organizacionais investigados neste trabalho são a cultura organizacional e a habilidade do programador relativa ao processo de software definido pela organização. A cultura organizacional é definida como as crenças, valores e premissas que são compartilhados pelos profissionais que influenciam as interações entre eles e com o ambiente de uma organização de software [Kozlowski *et al.* 1993]. A cultura organizacional é, portanto, um fator importante para a qualidade e produtividade do trabalho de cada profissional, influenciando o desempenho financeiro de uma organização [Mathew *et al.* 2012]. A influência do processo para o programador está na capacidade do mesmo aplicar seus conhecimentos e realizar suas tarefas seguindo o processo definido pela organização de software [Softex 2014].

Portanto, os fatores técnicos, humanos e organizacionais são relacionados na literatura como fatores de influência sobre os programadores de uma organização de software. A investigação empírica sobre a preponderância da influência que cada um destes fatores exerce na variação de produtividade dos programadores de uma organização de software constitui o tema principal deste trabalho.

### 3. Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é investigar a preponderância entre os fatores técnicos, humanos e organizacionais com relação à produtividade dos programadores de uma organização de software. Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Definir um conjunto de métricas de produtividade para programadores, a partir de métricas da literatura e da avaliação da percepção por parte da organização de software;
- Avaliar a influência dos fatores humanos (personalidade e motivação), a influência dos fatores técnicos (conhecimento e experiência), e a influência dos fatores organizacionais (processo e contexto organizacional) na produtividade do programador de organizações de software;
- Avaliar a preponderância entre os fatores pesquisados na produtividade do programador de organizações de software.

### 4. Método de Pesquisa e Estado Atual do Trabalho

Para alcançar os objetivos propostos e responder as questões de pesquisa neste trabalho, propomos a utilização de diversos métodos de pesquisa que estão descritos no plano de pesquisa e ilustrados na Figura 1.

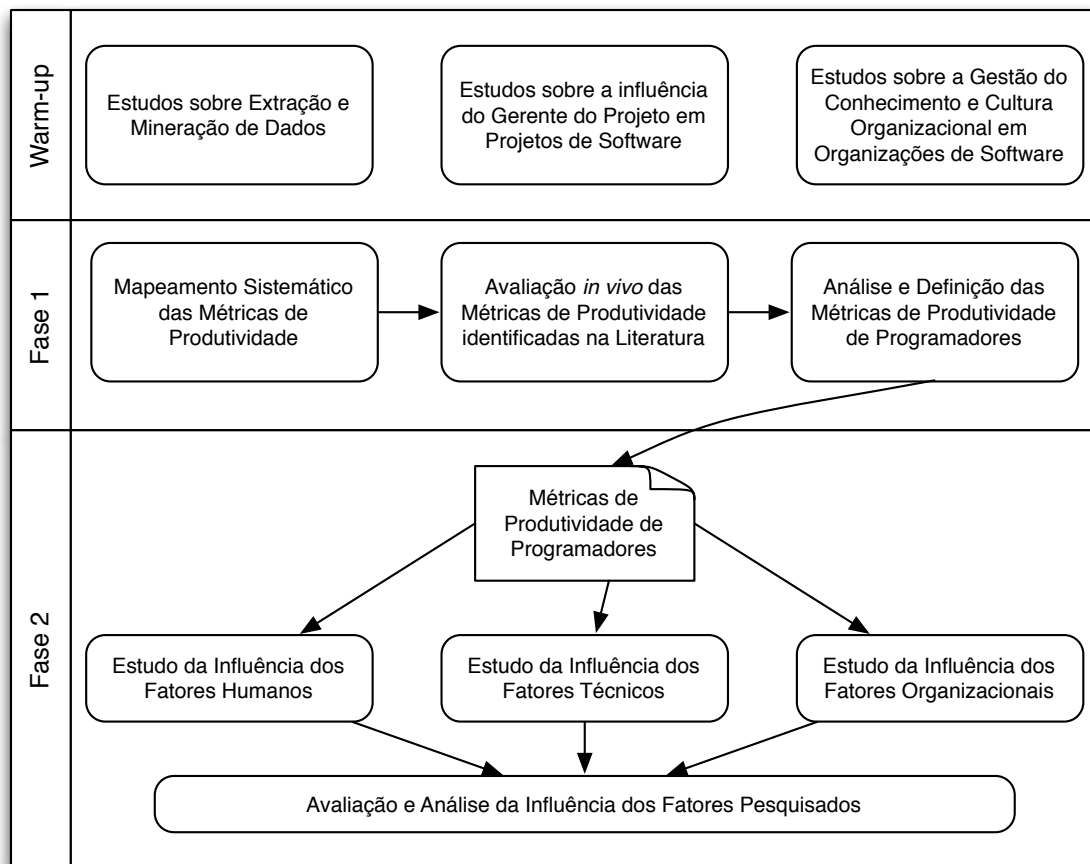


Figura 1 – Plano de Pesquisa

#### 4.1 Warm-Up – Definição de Escopo e Motivação

Esta fase compreendeu estudos conduzidos antes da definição final do escopo deste trabalho. Os *Estudos sobre Extração e Mineração de Dados* envolveram aprendizado e implementação de técnicas de extração e mineração de dados utilizando algoritmos de *data mining* e *aprendizagem de máquina*. Estas técnicas serão utilizadas na análise e definição das métricas de produtividade dos programadores de uma organização de software a partir dos seus repositórios.

Os *Estudos sobre a influência do Gerente de Projeto em Projetos de Software* focaram-se em fatores humanos e suas influências nos projetos de software. Em particular, estudou-se o quanto a personalidade [Myers 1962] e o papel de equipe de Belbin [Belbin 2010] do gerente de projetos influenciam no esforço utilizado pelo projeto de software. Como resultado destes estudos ocorreu a publicação de um artigo em colaboração com outro pesquisador [Branco *et al.* 2015].

Foram realizados *Estudos sobre a Gestão do Conhecimento e Cultura Organizacional em Organizações de Software*, focando na relação entre as práticas de gestão de conhecimento adotadas com a cultura organizacional. Estes estudos, em colaboração com outros pesquisadores, resultaram em outro artigo publicado [Rabelo *et al.* 2015]. O aprendizado acumulado com a execução destes estudos, em conjunto com os conhecimentos sobre extração e mineração de dados foram essenciais para fechar o escopo e definir o tema principal deste trabalho, iniciando a Fase 1.

#### 4.2 Fase 1 – Investigação da Produtividade do Programador a partir de Repositórios de Software

Esta fase compreende a pesquisa por métricas de produtividade relacionadas com a percepção de produtividade por parte da gerência de organizações de software. O primeiro passo será a realização de um *Mapeamento Sistemático sobre Métricas de Produtividade* existentes na literatura no contexto do desenvolvimento de software. As métricas identificadas que sejam aplicáveis a programadores e que possam ser extraídas a partir de repositórios de software serão selecionadas para o próximo estudo.

A *Avaliação In Vivo das Métricas Identificadas na Literatura* investigará a relação entre a percepção de produtividade dos líderes quanto a sua equipe de programadores, com as métricas de produtividade selecionadas. Para cada equipe, será coletado junto ao líder sua percepção de *ranking* dos seus programadores, ordenados do mais produtivo para o menos produtivo, e também uma divisão deste *ranking* em três grupos, que aqui chamaremos de: os mais produtivos, os produtivos e os regulares. As métricas extraídas de produtividade dos programadores serão utilizadas para criação, por equipe, também de um *ranking* e de grupos utilizando um algoritmo de *clustering*. As métricas serão então avaliadas quanto a similaridade entre os *rankings* utilizando *Kendall Tau Rank* [Kendall 1938], e quanto a similaridade entre os grupos utilizando o *Fowlkes-Mallows index* [Fowlkes e Mallows 1983].

Após o resultado da investigação anterior, será executada a *Análise e Definição das Métricas de Produtividade de Programadores*. Esta atividade analisará através dos resultados das similaridades entre as métricas e a percepção dos líderes de equipe, quais métricas se destacam por equipe, se a mesma métrica se destaca em mais de uma equipe, e se isso também ocorre por organização. Após esta análise, serão definidas uma

ou mais métricas que melhor descrevam a percepção de produtividade dos programadores. Com esta definição, iniciará a Fase 2.

#### **4.3 Fase 2 – Investigação da Influência dos Fatores Humanos, Técnicos e Organizacionais**

Esta fase investigará a influência dos fatores humanos, técnicos e organizacionais sobre as métricas de produtividade definidas na fase anterior, com o objetivo de estudar as suas relações de influência sobre a produtividade dos programadores de uma organização de software.

*O Estudo Qualitativo da Influência dos Fatores Humanos na Produtividade dos Programadores* investigará especificamente a personalidade e a motivação; *O Estudo Qualitativo da Influência dos Fatores Técnicos na Produtividade dos Programadores*, por sua vez, investigará a influência do conhecimento e da experiência; e *O Estudo Qualitativo da Influência dos Fatores Organizacionais na Produtividade dos Programadores* investigará as habilidades nos processos organizacionais e a cultura organizacional. O objetivo de cada estudo é analisar a influência, pela correlação estatística, entre os fatores e as métricas de produtividade extraídas dos repositórios da organização. Analisaremos, por exemplo nos fatores humanos, se existem determinados tipos de personalidades que possuam maior influência do que outras na variação da produtividade do programador.

Por fim, a *Avaliação e Análise da Influência dos Fatores Pesquisados* deste trabalho, visa explorar a preponderância entre os fatores pesquisados dentro das observações coletadas. Os dados serão explorados utilizando técnicas estatísticas do modelo linear generalizado, tais como a análise de fatores e a análise de componentes principais. Também serão exploradas técnicas mais recentes utilizadas na área de aprendizagem de máquina como a análise multivariada t-SNE. O resultado destas análises ajudarão na compreensão da relação de preponderância entre os fatores, e desta forma contribuirão para a construção da resposta à nossa questão de pesquisa.

No momento, estamos analisando as extrações do mapeamento sistemático sobre métricas de produtividade encontradas na literatura. Além disso, coletamos alguns de repositórios de software de projetos de duas organizações de software para testar nossas rotinas de extração de métricas de produtividade a partir de repositórios de software.

### **5. Resultados Esperados e Considerações Finais**

Ao final deste trabalho espera-se obter as seguintes contribuições:

- Mostrar quais métricas de produtividade do programador melhor refletem as percepções dos líderes e gerentes de organizações de software, a partir de dados reais coletados nos repositórios de software da organização;
- Avaliar a influência de cada fator técnico, humano e organizacional pesquisado sobre a produtividade do programador da organização de software;
- Avaliar e ponderar quais dos fatores pesquisados tem maior impacto, ou seja, tem maior explicação na variação da produtividade do programador.

Espera-se que os resultados deste trabalho a longo prazo, além de viabilizar mais pesquisas sobre os fatores relacionados à produtividade do programador, fundamentem

a criação de melhores práticas que facilitem o aprimoramento dos programadores, com reflexos nos indivíduos, nas equipes e nas organizações de software.

## Referencias

- Amrit, C., Daneva, M., e Damian, D. (2014). “Human factors in software development: On its underlying theories and the value of learning from related disciplines; A Guest Editorial Introduction to the Special Issue”. *Information and Software Technology (IST)*, n. 56, v. 12, p. 1537-1542.
- Beecham, S., Baddoo, N., Hall, T., Robinson, H., e Sharp, H. (2008). “Motivation in Software Engineering: A systematic literature review”. *Information and Software Technology (IST)*, v. 50, n. 9, p. 860-878.
- Belbin, R., (2010). “Management Teams: Why they succeed or Fail”. 3<sup>rd</sup> Edition. Elsevier Butterworth-Heinemann Ltd.
- Branco, D., Oliveira, E., Galvao, L., Prikladnicki, R., e Conte, T. (2015). “An empirical study about the influence of project manager personality in software project effort”. In *16th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2014)*, p. 102-113.
- CMMI Product Team (2010). “CMMI for Development version 1.3 – Improving processes for developing better products and services”. SEI Report CMU/SEI-2010-TR-033.
- Cruz, S. S. J. O., da Silva, F. Q., Monteiro, C. V., Santos, C. F., e Dos Santos, M. T. (2011). “Personality in software engineering: Preliminary findings from a systematic literature review”. In *Evaluation & Assessment in Software Engineering (EASE 2011)*, 15th Annual Conference on, p. 1-10.
- Cruz, S., da Silva, F. Q., e Capretz, L. F. (2015). “Forty years of research on personality in software engineering: A mapping study”. *Computers in Human Behavior*, v. 46, p. 94-113.
- Curtis, B., Hefley, B., e Miller, S. (2009). “People Capability Maturity Model (P-CMM) Version 2.0”. CARNEGIE-MELLON UNIV PITTSBURGH PA SOFTWARE ENGINEERING INST.
- Fenton, N. E., e Pfleeger, S. L. (1998). *Software Metrics: A Rigorous and Practical Approach*. PWS, London, 1997.
- Fowlkes, E. B., e Mallows, C. L. (1983). "A method for comparing two hierarchical clusterings". *Journal of the American statistical association*, n. 383, v. 78, pp. 553-569.
- França, A. C. C., Gouveia, T. B., Santos, P. C., Santana, C. A., e da Silva, F. Q. (2011). “Motivation in software engineering: A systematic review update”. In *Evaluation & Assessment in Software Engineering (EASE 2011)*, 15th Annual Conference on, p. 154-163.
- Guthridge, M., Komm, A. B., e Lawson, E. (2008). “Making talent a strategic priority”. *The McKinsey Quarterly*, v. 1, p. 49-59.

- Josko, J. M. B., e Côrtez, M. L. (2005). "P-CMM e outros modelos na Gestão de Pessoas". VII Simpósio Internacional de Melhoria de Processos (SIMPROS). [http://www.simpros.com.br/simpros2005/upload/a04\\_2\\_artigo14181.pdf](http://www.simpros.com.br/simpros2005/upload/a04_2_artigo14181.pdf)
- Kendall, M. G. (1938). "A new measure of rank correlation. *Biometrika*". n. 1/2, v. 30, pp. 81-93.
- Kozlowski, S. W., Chao, G. T., Smith, E. M., e Hedlund, J. (1993). "Organizational downsizing: Strategies, interventions, and research implications". *International review of industrial and organizational psychology*, v. 8, n. 8, p. 263-332.
- Mathew, J., Ogbonna, E., e Harris, L. C. (2012). "Culture, employee work outcomes and performance: An empirical analysis of Indian software firms". *Journal of World Business*, v. 47, n. 2, p. 194-203.
- Mockus, A. (2009). "Succession: Measuring transfer of code and developer productivity". In *Proceedings of the 31st International Conference on Software Engineering*. IEEE Computer Society. p. 67-77.
- Moura, M. H. D. De, Nascimento, H. A. D. Do, e Rosa, T. C. (2014). "Extracting New Metrics from Version Control System for the Comparison of Software Developers". *Simpósio Brasileiro de Software (SBES 2014)*, p. 41-50.
- Myers, I. B. (1962). "The Myers-Briggs Type Indicator" (1962). Consulting Psychologists Press, Palo Alto, CA.
- Petersen, K. (2011). "Measuring and predicting software productivity: A systematic map and review". *Information and Software Technology (IST)*, n. 53, v. 4, p. 317-343.
- Rabelo, J., Oliveira, E., Viana, D., Braga, L., Santos, G., Steinmacher, I., Conte, T. 2015. "Knowledge Management and Organizational Culture in a Software Organization – a Case Study". In: *8th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering (CHASE 2015) - ICSE Workshop*, Florence, Italy (artigo aceito para publicação).
- Softex (2014). "MPS.BR - Melhoria de Processo do Software Brasileiro, Guia Geral MPS de Gestão de Pessoas". MR-MPS-RH:2014. [http://www.softex.br/wp-content/uploads/2013/07/MPS.BR\\_Guia\\_Geral\\_RH\\_2014\\_Versao\\_Beta-1.pdf](http://www.softex.br/wp-content/uploads/2013/07/MPS.BR_Guia_Geral_RH_2014_Versao_Beta-1.pdf)
- Trendowicz, A., e Münch, J. (2009). "Factors Influencing Software Development Productivity – State-of-the-Art and Industrial Experiences". *Advances in Computers*, v. 77, p. 185-241.
- Ulrich, D. (1998). "A new mandate for human resources". *Harvard Business Review*, v. 76, p. 124-134.
- Witten, I. H., e Frank, E. (2005). "Data Mining: Practical machine learning tools and techniques". Morgan Kaufmann.
- Zhang, S. Z. S., Wang, Y. W. Y., e Xiao, J. X. J. (2008). "Mining Individual Performance Indicators in Collaborative Development Using Software Repositories". *15th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC 2008)*. p. 247-254.