

Uma revisão sistemática da bibliografia sobre métricas funcionais de tamanho de *software* utilizando o enfoque meta-analítico*

A systematic review of the literature on functional software size metrics using meta-analytic approach

Angelica Toffano Seidel Calazans¹
 Roberto Avila Paldês²
 Ari Melo Mariano³

Resumo

O objetivo geral deste estudo consistiu em identificar e avaliar o impacto dos trabalhos científicos mais relevantes sobre a mensuração de tamanho funcional de software. A metodologia adotada foi a pesquisa bibliográfica de caráter exploratório. Foram seguidos os sete passos da revisão bibliográfica utilizando o enfoque meta-analítico e, inicialmente foram identificadas e selecionadas as principais revistas sobre o domínio estudado. A coleta de dados mostrou que, apesar do crescimento do quantitativo de artigos sobre esse assunto nos últimos anos, há ainda necessidade de experimentações sobre mensuração funcional de software, considerando-se o baixo quantitativo total dessas pesquisas. Além disso, o presente trabalho demonstrou que os artigos identificados não fazem parte das principais revistas mais citadas, o que permite inferir que há lacuna sobre esse assunto. A análise das bases consultadas identificou os artigos e autores mais citados e gaps entre países que utilizam, cada vez mais, as métricas de mensuração de tamanho e aqueles que realizam pouca ou nenhuma pesquisa sobre o assunto. A pesquisa demonstrou as palavras-chave e as técnicas mais usadas, os ambientes de pesquisa, entre outros aspectos. Possibilitou também inferir que as métricas COSMIC e APF são as mais pesquisadas, mas que a maior parte das investigações empíricas ou experimentais ocorre no meio acadêmico com dados da academia. Esses resultados sinalizam outra lacuna nas pesquisas, pois, em diversos países, as métricas funcionais de tamanho têm sido mais utilizadas pelo mercado de TI. **Palavras-chave:** Mensuração funcional de tamanho. Enfoque meta-analítico. APF. COSMIC. Software.

Abstract

This study aims identify and evaluate the impact of the most relevant scientific studies on measurement of software functional size. Methodology adopted was literature search exploratory. The seven steps of the literature review using meta-analytical approach were followed, and initially, were identified and selected top journals of studied area. Collection data showed that despite the quantitative growth of articles on this subject in recent years, there is still need for experiments on functional measurement software, considering the total quantitative down these surveys. In addition, this study demonstrated that the identified items are not part of the main most cited journals, which can be inferred as a gap on this subject. Surveyed bases analysis identified articles and most cited authors and gaps between countries using more and more, the size measurement metrics and those who do little or no research on subject. Research has shown key words and most used techniques, the research environments, and so on. It's possible to infer that COSMIC and APF metrics are the most researched, but that most of the empirical or experimental investigations occurs in academia with academia data. These results indicate another gap in researches because in many countries the functional size metrics have been used more in IT market.

Keywords: Measurement of software functional size. Meta-analytical approach. APF. COSMIC. Software.

* Recebido em: 18/08/2015.

Aprovado em: 17/09/2015.

¹ Doutora em em Ciência da Informação pela Universidade de Brasília. Mestre em Gestão de conhecimento e TI pela Universidade Católica de Brasília. Professora da graduação superior em Administração e em Análise de Sistemas, bem como da pós-graduação em Engenharia de Requisitos do UniCEUB.

² Mestre em Educação pela Universidade Católica de Brasília. Especialista e Graduado em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Professor da graduação superior em Administração e em Análise de Sistemas, bem como da pós-graduação em Engenharia de Requisitos do UniCEUB.

³ Pós Doutor em Negócios Internacionais, Pós Doutor em Metodologia Científica e Estatística Avançada. Pesquisador e Professor da Universidade de Brasília e do Centro Universitário de Brasília e Líder do grupo de pesquisa Internacionalização e aplicabilidade do conhecimento científico.

1 Introdução

O crescente aumento da competitividade dos mercados e as necessidades gradativamente mais complexas dos clientes vêm impulsionando a busca por inovações para atender as mais diferenciadas demandas. O avanço tecnológico, a criação de novos métodos, técnicas e ferramentas para desenvolvimento de software não foram as únicas iniciativas adotadas pela Tecnologia da Informação (TI) para buscar o sucesso dos projetos. A busca pela qualidade, eficácia e dinamismo visando garantir que o software atenda às necessidades comerciais é um desafio constante para as organizações e, principalmente, para as áreas de TI (BERALDI; ESCRIVÃO FILHO, 2000). As organizações dependem cada vez mais de softwares de qualidade para assegurar a sua sustentabilidade econômica e o seu posicionamento mercadológico.

O desenvolvimento de um produto de software constitui uma tarefa complexa que envolve muitos aspectos e vários atores. Esse processo é um desafio organizado em etapas que consideram aspectos como a complexidade das ferramentas e do produto, o nível de abstração envolvido e os ruídos de comunicação decorrentes da atuação de pessoas com perfis diferenciados. Esses aspectos podem influenciar na produção e entrega de um produto de software com qualidade, no prazo e custos definidos.

Para definição de prazos e custos de desenvolvimento de um produto de software, podem-se utilizar várias métricas de tamanho do produto de software. De acordo com (FENTON; PFLEEGER, 1997), o tamanho do produto de software pode ser utilizado para definir uma estimativa da quantidade de trabalho a ser executada no desenvolvimento do projeto. A definição de tamanho do produto também é utilizada para gerar outras estimativas como esforço, cronograma e qualidade (GARMUS; HERRON, 2000).

Existem vários estudos que apresentam métricas que se propõem a mensurar o tamanho do software (BOEHM; SULLIVAN, 2000), (MELI, 1998), (PUTNAM; MYERS, 1992); (FENTON; NEIL, 2000), (BATENBURG; RIDDER; KERF, 1998). Algumas métricas propõem a identificação da quantidade de linhas de código – LOC ou Source Lines of Code – SLOC (FENTON; NEIL, 2000), enquanto outras mensuram a complexidade do produto – Halstead (BATENBURG; RIDDER; KERF, 1998).

Existem métricas que medem o tamanho do software considerando-se as funções requeridas pelo usuá-

rio, ou seja, medem o tamanho funcional do software. A medição funcional de um software é um padrão da International Organization for Standardization (ISSO) (ISO/IEC, 2012) e existem várias abordagens, tais como, a “Análise de pontos de função” – APF (INTERNATIONAL FUNCTION POINT USERS GROUP, 2010) e COSMIC FPP (COSMIC -Common Software Measurement International Consortium, 2014). Essas abordagens implementam esse conceito, sendo inclusive, reconhecidas pela ISO (ISO/IEC, 2011) (ISO/IEC, 2009). A utilização de métricas funcionais tem aumentado nos últimos anos, principalmente, em instituições governamentais do Brasil e em algumas organizações de outros países como Itália e Espanha. (CASTRO; HERNANDES, 2013) Citam que “a APF tem sido utilizada como uma ferramenta para a gestão de tecnologia da informação, não só no Brasil mas em todo o mundo”. De acordo com (DEKKERS; BUNDSCHUH, 2008), 80% dos projetos inscritos no Software de Benchmarking Standards Group International (ISBSG) aplicaram a métrica APF.

A APF é a métrica mais amplamente utilizada para avaliar o tamanho de software entre empresas de software no Brasil, sendo utilizada por 34,5% das empresas (BRAZIL, 2009). Deve-se ressaltar que, no Brasil, existem normas e instruções normativas (leis) que indicam a necessidade de utilização de métricas funcionais de tamanho para a contratação, pelo governo e órgãos afins, de serviços de desenvolvimento de software (BRASIL, 2014), (BRAZIL, 2012).

Embora existam trabalhos relevantes sobre metrificação (BOEHM; SULLIVAN, 2000), (PUTNAM; MYERS, 1992), (MELI, 1998), (FENTON; NEIL, 2000), (BATENBURG; RIDDER; KERF, 1998) nota-se que a literatura está difusa em algumas abordagens e escassa quando se busca um estudo que integre as pesquisas anteriores na área de conhecimento em questão. Assim, a necessidade de identificar e apresentar os trabalhos científicos mais relevantes com a finalidade de poder ofertar um marco conceitual se faz necessária para responder as seguintes indagações:

O quantitativo de pesquisa sobre as métricas funcionais de tamanho é significativo? O interesse do mercado, que tem utilizado as métricas funcionais de tamanho, tem influenciado aumento quantitativo de estudos? Os estudos realizados nos últimos anos propõem outras alternativas para mensurar o tamanho funcional de um software?

Uma vez delimitado os problemas da pesquisa, esse estudo tem como objetivo geral identificar e avaliar o impacto dos trabalhos científicos mais relevantes sobre a mensuração de tamanho funcional de software. Para tanto, apresenta uma revisão por meio do enfoque meta analítico (RAMIREZ CORREA; GARCIA CRUZ, 2005) sobre a mensuração de tamanho funcional de software.

Para melhor entendimento do método e resultados, o estudo apresenta-se dividido em uma seção 2 que aborda a metodologia da pesquisa, uma seção 3 que descreve os resultados obtidos por meio de enfoque meta analítico. Enfim a seção 4, que apresenta as considerações finais da pesquisa e sugere futuros trabalhos. O enfoque meta-analítico assume papel de destaque na metodologia e, por esse motivo, ele é sintetizado a seguir.

2 Metodologia da pesquisa

A metodologia adotada foi a pesquisa bibliográfica de caráter exploratório por meio do enfoque meta-analítico (RAMIREZ CORREA; GARCIA CRUZ, 2005). O enfoque utiliza o critério de impacto de revistas e artigos para escolha do material a ser utilizado. Tem como objetivo combinar bases de dados conceituadas, para, dessa forma, apresentar base de material confiável. A meta-análise possibilita obter os melhores autores, artigos e revistas, e também realizar uma análise das técnicas estatísticas, das técnicas amostrais, das linhas mais pesquisadas e das abordagens utilizadas. Segundo (MARIANO; GARCIA CRUZ; ARENAS GAITAN, 2011) o enfoque meta-analítico “consegue selecionar e filtrar os dados de maneira sistemática logrando realizar um estado da arte completo sobre determinado assunto”.

O enfoque meta-analítico pode ser implementado em quatro etapas (RAMIREZ CORREA; GARCIA CRUZ, 2005) ou em sete etapas (MARIANO; GARCIA CRUZ; ARENAS GAITAN, 2011). Neste trabalho, adotaram-se as sete etapas descritas a seguir.

- Análise e apresentação das revistas da disciplina: engloba identificar as revistas mais utilizadas no contexto estudado. Nessa fase são pesquisadas as revistas relacionadas aos principais congressos, encontros da área de conhecimento de usabilidade móvel. São utilizadas, também, as orientações de profissionais especialistas da área.
- Seleção de revistas relevantes da disciplina: nessa fase selecionam-se os periódicos de maior destaque. Para realizar essa seleção, recomenda-se utilizar alguns critérios de relevância tais como: fator

de impacto, revistas com maior quantidade de citações, revistas selecionadas de grandes conferências nas áreas de interesse, entre outros. O fator de impacto de determinado periódico é definido como a razão entre o número de citações feitas no corrente ano a itens publicados neste periódico nos últimos dois anos e o número de artigos (itens fonte) publicados nos mesmos dois anos pelo mesmo periódico (INSTITUTE FOR SCIENTIFIC INFORMATION, 1998).

- Coleta de dados para alimentação da base de dados: engloba a realização da pesquisa sobre o tema usando como filtro as palavras chaves do estudo e as publicações selecionadas anteriormente. Realiza-se, então, uma busca dentro de um espaço temporal a ser definido pelo pesquisador.
- Análise dos autores e artigos: a primeira análise é realizada com base no cálculo da média anual de artigos sobre o tema pesquisado, e também suas citações. O objetivo dessa análise consiste em avaliar a importância do tema ao longo dos anos. Essa análise permite visualizar a relação das revistas selecionadas em relação à pesquisa no período estudado. Serão identificados os autores mais publicados nesse contexto com a finalidade de identificar quais os autores que lideram em termos quantitativos.
- Determinação dos enfoques teóricos de pesquisa: esse passo se trata da identificação dos principais enfoques teóricos que abordaram o tema. A fase é alcançada estudando a abordagem dos artigos selecionados na base de dados.
- Análise das palavras-chave dos artigos: proporciona importantes elementos a respeito da evolução do tema em questão e das linhas de pesquisa.
- Estudo das relações: abrange o estudo das relações dos artigos previamente selecionados nas fases anteriores e tem como objetivo descobrir os tamanhos das amostras dos estudos, técnicas estatísticas utilizadas, locais de estudo.

3 Revisão do enfoque meta-analítico e resultados

Nesta seção, detalha-se a fase do enfoque meta-analítico:

A. Análise e apresentação das revistas da disciplina

Essa análise foi realizada por meio das bases de dados da ISI Web of Science no período de 01 a 12 de dezembro de 2014. Segundo (GARCIA; RAMIREZ, 2004), a ISI Web of Science é conhecida internacionalmente como uma das melhores e mais completas bases de dados do mundo (INSTITUTE FOR SCIENTIFIC INFORMATION, 1998), (MARIANO; GARCIA CRUZ; ARENAS

GAITAN, 2011). Foram pesquisadas as revistas relacionadas aos principais congressos e encontros relacionados ao tema de mensuração funcional de software. A base do ISI Journal Citation Report Edition apresenta 472 revistas, considerando o domínio relacionado ao tema mensuração funcional de software.

Considerando a realidade pesquisada, foi conveniente adotar algumas publicações nacionais. Com relação às publicações brasileiras, utilizou-se o site do Scimago Journal & Country pois esse site considera alguns fatores que permitem maior participação nacional como o número de citação das revistas nos três últimos anos e áreas de conhecimento (Scopus database, 2014). Essa base, consultada no período de 01 a 07 de dezembro de 2014, apresentou 3 revistas brasileiras no domínio relacionado ao tema. Esta etapa é importante, pois dá uma dimensão do volume de publicações existentes e do quantitativo de citações daquela área do conhecimento.

B. Seleção de revistas relevantes da disciplina

As revistas foram selecionadas segundo o fator de impacto ISI (Institute for Scientific Information). Dessa base foram selecionadas as revistas com maior fator de impacto apresentadas na Tabela I. Também estão identificadas as 3 revistas brasileiras mais citadas no site do (Scopus database, 2014) no contexto pesquisado, Tabela II.

Table 1- Revistas com maior fator de impacto (Acima de 4)

Abbreviated Journal Title	Impact Factor
ACM T INTEL SYST TEC	9.390
IEEE T IND INFORM	8.785
IEEE WIREL COMMUN	6.524
IEEE COMMUN SURV TUT	6.490
IEEE T FUZZY SYST	6.306
INT J NEURAL SYST	6.056
IEEE T PATTERN ANAL	5.694
COMPUT-AIDED CIV INF	5.625
IEEE T EVOLUT COMPUT	5.545
MIS QUART	5.405
INTEGR COMPUT-AID E	4.667
J CHEMINFORMATICS	4.540
ENVIRON MODELL SOFTW	4.538
IEEE T NEUR NET LEAR	4.370
ARCH COMPUT METHOD E	4.136
J CHEM INF MODEL	4.068
ACM COMPUT SURV	4.043

Fonte: do autor.

Tabela 2 - Revistas brasileiras selecionadas com mais citações

Rank	Title	Citable Docs. (3years)	Cites / Doc. (2years)	Ref. / Doc.
1	Acta Scientiarum - Technology	166	0,49	21,48
2	Journal of the Brazilian Computer Society	64	0,61	44,81
3	Proceedings of the Brazilian Symposium on Geoinformatics	56	0,09	0

Fonte: do autor.

C. Coleta de dados para alimentação da base de dados

Identificadas as revistas com maior fator de impacto e/ou citações, foi realizada a busca pelas palavras-chave “functional size measurement” (mensuração funcional de tamanho) no espaço temporal de dezessete anos (1997-2014). O resultado nas revistas consultadas foram 114 artigos na Web of Science sobre o tema. Entre as Revistas/Conferencias/Coletâneas que mais contribuíram sobre este tema destacam-se:

- a coletânea Lecture notes in Computer Science com um total de 23,68% (27) das publicações, sendo o meio de publicação mais relevante do tema;
- as conferências Proceedings of the 2012 joint conference of the 22nd international workshop on software measurement and the 2012 Seventh international conference on software process and product measurement iwsm mensurament 2012, aparecem como os encontros mais importantes quanto a contribuição científica com total de 11,40% (13) publicações;
- a revista Software process and product measurement (2008) com total de 9,6% (11) publicações e 18 citações. E a revista Information and software technology (2007 a 2014) com total de 7% (8) publicações e 22 citações.

Pode-se perceber que 51,68% das publicações relevantes resultam dessas Revistas/Conferencias/Coletâneas, revelando que esses veículos de comunicação científica podem oferecer por meio de uma revisão reduzida uma gama integrada sobre o conhecimento de relevância.

A Table III apresenta as revistas com maior quantidade de publicações. É oportuno ressaltar que nenhuma das Revistas/Conferências que mais publicaram artigos com o tema “functional size measurement” está inserida entre as primeiras 30 revistas com maior fator de impacto na área de tecnologia da informação e engenharia de software, (Tabela I). Isso permite inferir que esse tema, apesar de muito importante para o mercado, tem tido poucas

pesquisas representativas (considerando o quantitativo de citações no contexto pesquisado e o quantitativo total de citações desta área do conhecimento) no meio acadêmico e na indústria.

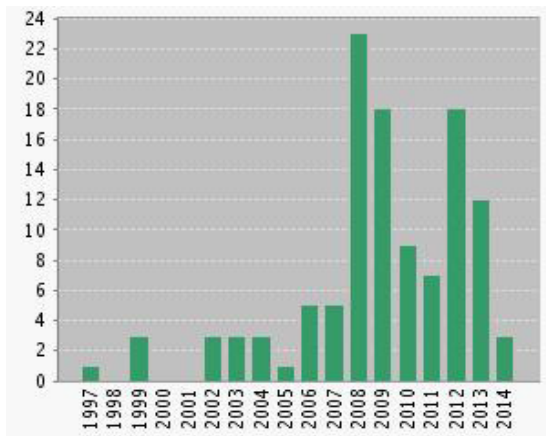
Tabela 3 - Revistas e quantitativo de publicações (Acima de 4)

Títulos da fonte	Registros	% of 114
LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE	27	23.684
PROCEEDINGS OF THE 2012 JOINT CONFERENCE OF THE 22ND INTERNATIONAL WORKSHOP ON SOFTWARE MEASUREMENT AND THE 2012 SEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE PROCESS AND PRODUCT MEASUREMENT IWSM MENSURA	13	11.404
SOFTWARE PROCESS AND PRODUCT MEASUREMENT	11	9.649
INFORMATION AND SOFTWARE TECHNOLOGY	8	7.018
SOFTWARE PROCESS AND PRODUCT MEASUREMENT PROCEEDINGS	7	6.140
2013 JOINT CONFERENCE OF THE 23RD INTERNATIONAL WORKSHOP ON SOFTWARE MEASUREMENT AND THE 2013 EIGHTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE PROCESS AND PRODUCT MEASUREMENT IWSM MENSURA	7	6.140
PRODUCT FOCUSED SOFTWARE PROCESS IMPROVEMENT PROCEEDINGS	4	3.509

Fonte: do autor.

Embora a pesquisa revele as revistas/congressos e coletâneas onde houve maior número de publicação, seu comportamento, ao longo dos anos é errático, conforme pode ser visualizado na Fig. 1. Mesmo com publicações em revistas de alto fator de impacto a partir de 1997, pode-se perceber vazios literários nos anos de 1998, 2000 e 2001, além de quedas substanciais nos anos de 2010 e 2011.

Figura 1 - Evolução do quantitativo de publicações segundo a Web of Science



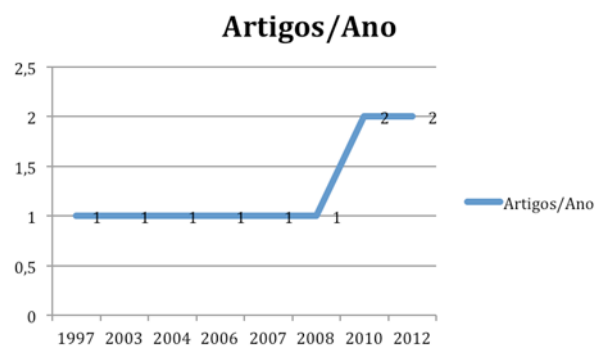
Fonte: do autor.

Com relação às revistas brasileiras identificou-se que a revista Acta Scientiarum – Technology aparece como revista indexada na ISI Web of Knowledge (Web of Science), porém não foi encontrado registros de publicações sobre o tema.

Já a Revista Journal of the Brazilian Computer Society, embora não esteja indexada pela ISI Web of Knowledge, ela aparece no indexador o Google Scholar. Utilizando o software Harzing's Publish or Perish (Harzing.com, 2014) para identificar as publicações e citações dessa revista com relação à string da pesquisa "functional size measurement". Esse software realiza pesquisa considerando a base do Google Scholar. Nessa base foi necessário realizar refinar a pesquisa e excluir alguns string que não possuíam correlação com o tema estudado. Foram excluídos: authentication, biological, controllers, sensor, decoder, attacks. Foram encontrados 10 artigos com 62 citações nos últimos 17 anos, apresentados na figura 2. Por último, em pesquisa realizada na *Proceedings of the Brazilian Symposium on GeoInformatics*, não foram encontrados artigos com o string da pesquisa "functional size measurement".

Embora o número de publicações seja errático internacionalmente, no Brasil existe um interesse especial e comprova a progressão do tema, embora ainda tímido. Nos anos de 1997, 2003, 2004, 2006, 2007 e 2010 identificam-se 1 publicação por ano e em 2011 e 2012, duas publicações por ano (Fig.2).

Figura 2 - Evolução do quantitativo de publicações segundo a Revista Journal of the Brazilian Computer Society

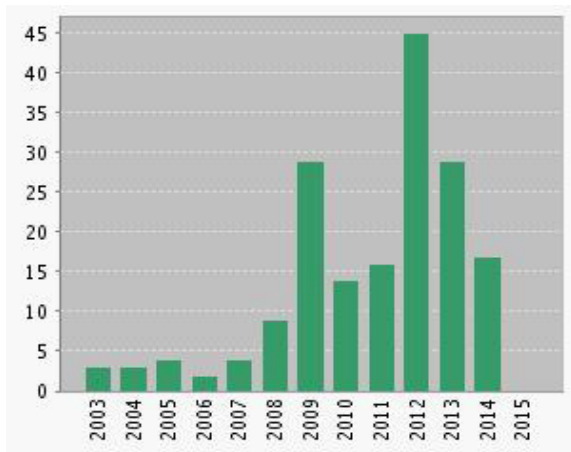


Fonte: do autor.

A Fig 3 apresenta a evolução do quantitativo de citações desde 2003, considerando a base de dados Web of Science. Embora o número de publicações não tenha um comportamento progressivo, pode-se perceber que as citações são superiores às publicações a partir de 2010. Isso

sugere que, mesmo não aparecendo um efeito progressivo nos últimos anos, quanto às publicações, as publicações estão ocorrendo provavelmente como base para gerar outros conhecimentos. Na Figura 4, a revista Journal of the Brazilian Computer Society apresenta um aumento de citações após 2007.

Figura 3 - Evolução do quantitativo de citações Web of Science



Fonte: do autor.

Figura 4 - Evolução do quantitativo de citações - Journal of the Brazilian Computer Society



Fonte: do autor.

Analisando-se as Figuras 3 e 4, pode-se inferir que o tema vem ganhando interesse ano a ano. Observa-se decréscimo de publicações e, conseqüentemente, citações a partir de 2013. Isso demonstra que há espaço para pesquisas científicas nesse contexto, principalmente no contexto brasileiro, em que o quantitativo de artigos identificados na revista com mais citações é relativamente baixo, embora exista uma tímida progressão nos últimos anos.

D. Análise dos artigos e autores

1. Artigos mais citados – Base Web of Science

Os artigos mais citados, com 11 citações, estão apresentados na Tabela 4. É possível inferir que o artigo de Abran

et al, elaborado em 2002 foi mais citado por ser um dos primeiros artigos sobre o assunto (um dos 3 artigos publicados desde 1997), enquanto que o artigo de Gencel et al (2008), por ser uma revisitação às métricas funcionais existentes até 2008, tem obtido uma citação mais significativa.

Tabela 4 - Dois artigos mais citados -- Base Web of Science

Artigo	Autores	Ano
Functional size measurement revisited	Gencel, Cigdem; Demirors, Onur	2008
Field studies using functional size measurement in building estimation models for software maintenance	Abran, A; Silva, I; Primera, L	2002

Fonte: do autor.

2. Autores com mais citações – Base Web of Science

Optou-se também por analisar os autores com 3 ou mais citações. A Tabela V apresenta os 14 autores que receberam com mais de 3 citações. Ao todo, os artigos desses autores receberam 154 citações, do total de 175 citações de toda a base da Web of Science. Isso corresponde a 88% das citações. Dos 14 autores, 11 autores possuem mais de dois artigos publicados. O total de citações desses 11 autores corresponde a 139 citações (79% do total de citações). Esses dados permitem concluir que esses autores têm um significativo fator de impacto na literatura sobre mensuração funcional de tamanho de software. Em um processo de revisão de literatura, a ausência desses artigos nas referências ou na bibliografia poderia ser considerada uma falta importante, pois esses artigos formam a base da pesquisa científica sobre esse tema entre os anos de 1997 e 2014.

Tabela 5 - Autores com mais citações -- Base Web of Science

Autor	Qtd citações	Qtd artigos
Cuadrado-Gallego, J. J	32	8
Abraham, Silvia	24	8
Marin, Beatriz	16	6
Abran, A	14	2
Gencel, Cigdem	14	4
Demirors, Onur	9	1
Lavazza, Luig	9	7
Buglione, Luigi	8	3
Lind, Kenneth	7	4
Kassab, Mohamad	6	4
Turetken, Oktay	6	2
Hericko, Marjan	3	1
Monsalve, Carlos	3	1
Trudel, Sylvi	3	3

Fonte: do autor.

3. Artigos dos autores com mais citações e mais publicações -- Base Web of Science

Nessa análise foram destacados sete autores mais citados que publicaram quatro ou mais artigos (Tabela VI). Só estão apresentados os artigos que obtiveram mais de 1 citação. O somatório das citações desses trabalhos corresponde a aproximadamente 62% de todas as citações.

Tabela 6 - Autores mais citados que publicaram mais de 4 artigos -- Base Web of Science

Autor	Artigo	Ano	Qtd cit.
Cuadrado-Gallego	An experimental study on the conversion between IFPUG and COSMIC functional size measurement units	2010	10
	On the conversion between IFPUG and COSMIC software functional size units: A theoretical and empirical study	2008	10
	IFPUG-COSMIC Statistical Conversion	2008	5
	Convertibility between IFPUG and COSMIC functional size measurements	2007	5
	Horizontal dispersion of software functional size with IFPUG and COSMIC units	2010	2
Abraham, Silvia;	A family of experiments to evaluate a functional size measurement procedure for Web applications	2009	8
	Experimental evaluation of an object-oriented function point measurement procedure	2007	7
	A model-driven measurement procedure for sizing web applications: Design, automation and validation	2007	7
Marin, Beatriz;	Towards a Method for Evaluating the Precision of Software Measures	2012	7
	Measurement of Functional Size in Conceptual Models: A Survey of Measurement Procedures Based on COSMIC	2012	5
	Applying a Functional Size Measurement Procedure for Defect Detection in MDD Environments	2012	3
Gencel, Cigdem	Functional size measurement revisited	2008	11
	Do Base Functional Component types affect the relationship between software functional size and effort?	2008	3
Lavazza, Luigi;	Convertibility of Function Points into COSMIC Function Points: A study using Piecewise Linear Regression	2011	4
	Using Function Points to Measure and Estimate Real-Time and Embedded Software: Experiences and Guidelines	2009	3
	A Case Study in COSMIC Functional Size Measurement: The Rice Cooker Revisited	2009	2
Lind, Kenneth	Estimation of Real-Time Software Code Size using COSMIC FSM	2009	4
Kassab, Mohamad	Non-functional requirements size measurement method (NFSM) with COSMIC-FFP	2008	5

Fonte: do autor.

4. Autores com mais citações -- revista Journal of the Brazilian Computer Society

Tabela VIII apresenta os sete autores com mais de 3 citações no período de 2003 a 2012 da Revista Journal of the Brazilian Computer Society. Não foi identificado

mais de um artigo por autor, diferente do Web of Science.

Tabela 7 - Autores mais citados do Journal of the Brazilian Computer Society

Citas	Autores	Título	Ano
14	J White, DC Schmidt, E Wuchner...	Automatically composing reusable software components for mobile devices	2008
13	S España, N Condoni-Fernandez, A González...	An empirical comparative evaluation of requirements engineering methods	2010
13	J Carver, V Basili	Identifying implicit process variables to support future empirical work	2003
7	CSS Neto, LFG Soares, CS de Souza	The nested context language reuse features	2010
5	A Sampaio, A Vasconcelos...	Assessing agile methods: an empirical study	2004
4	V Gupta, JK Chhabra	Package level cohesion measurement in object-oriented software	2012
3	CRB de Souza, JMR Costa, M Cataldo	Analyzing the scalability of coordination requirements of a distributed software project	2012

Fonte: do autor.

5. Revistas e Conferências mais citadas -- base Web of Science

A Tabela VIII apresenta as Revistas e Conferências mais citadas e que publicaram acima de 2 artigos.

Tabela 8 - Revistas e Conferências mais citadas e que publicaram acima de 2 artigos -- Base Web of Science

Revista/Conferência	Qtd artigos
Information and software technology	4
Software process and product measurement	4
Proceedings international conference on software process and product measurement (iws-mensura)	3
Proceedings of the euromicro conference on software engineering and advanced applications	3

Fonte: do autor.

6. Distribuição dos artigos pelos países de origem -- base Web of Science

A Tabela X apresenta os artigos classificados pelos países de origem (a partir de 10 publicações). A análise dos dados totais com todos os países mostra que o Brasil não possui publicações nessa base. Permite inferir que o Brasil, apesar de ser o país em que o mercado utiliza mais métricas funcionais de tamanho, segundo a base consultada, não apresenta autores de destaque com pesquisas sobre esses temas. Com relação à Revista Journal of the Brazilian Computer Society, não foi possível identificar os países que mais publicaram.

Tabela 9 - Países que mais publicaram sobre o tema (a partir de 10 publicações)- Base Web of Science

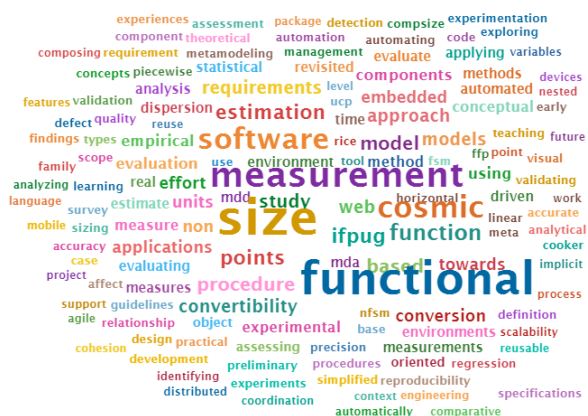
Países/Territórios	Registros	% of 114
SPAIN	26	22.807
CANADA	21	18.421
TURKEY	16	14.035
ITALY	13	11.404

Fonte: do autor.

Fig. 2 - Determinar Linhas e Enfoques Teóricos de Pesquisa.

Para determinar as principais linhas de pesquisa e enfoques que trataram do tema mensuração de tamanho funcional, é necessário fazer uma análise dos principais artigos. Revisando os artigos, chegou-se à conclusão que as linhas de pesquisa que mais trataram do estudo proposto foram estudos experimentais e empíricos. A maior parte dos estudos trata de conversão entre duas métricas, enquanto os enfoques principais foram as métricas “COSMIC” e “IFPUG- APF”. A Fig. 4 apresenta o “word cloud” criado pela ferramenta Many-eyes (IBM, 2014) que realiza análise de conteúdo. Foi realizada a análise de conteúdo utilizando o título dos artigos e, a Fig. 4 ilustra as palavras, que tiveram maior número de ocorrências, em tamanho maior.

Figura 5 Word cloud com os títulos dos principais artigos



Fonte: do autor.

Fig. 3 - Análise das Palavras Chaves

Com a finalidade de saber o rumo das novas pesquisas, foram usados critérios objetivos por meio de uma busca das palavras chaves. Estas palavras revelam características próprias de cada trabalho, permitindo agrupar os estudos e classificá-los. A Fig 6 apresenta as palavras-

-chave que obtiveram mais de 2 citações. Conforme pode ser verificado, duas métricas funcionais de tamanho se destacam, a COSMIC e a APF. Apesar de a APF ser bem mais utilizada no Brasil pelos órgãos governamentais, existe menor quantitativo de estudos acadêmicos utilizando essa abordagem.

Figura 6 Palavras chaves e citações

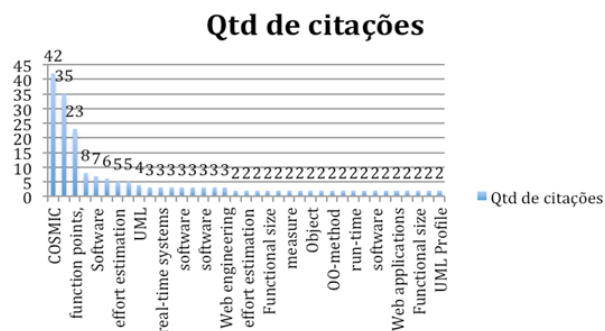


Fig. 4 - Estudo das Relações. – Base Web of Science

Importante investigar quais os enfoques que foram mais abordados, em que locais se têm aplicado às pesquisas (meio acadêmico ou industrial), qual o tamanho amostral entre outras informações. A Tabela XI apresenta uma análise considerando os autores com mais de 1 artigo, e artigos com mais de 5 citações. É possível identificar que a maior parte dos artigos citados realiza avaliação empírica e/ou estudo experimental no meio acadêmico. Não foram considerados os artigos da Revista Journal of the Brazilian Computer Society, uma vez que não foram identificados autores que tivessem mais de uma publicação nesse contexto.

Há pouca investigação na indústria, o que demonstra uma falta de experimentações com dados da indústria. Poucos artigos propõem métodos novos para mensuração funcional. A maior parte dos artigos avalia duas métricas a APF e o COSMIC.

Tabela 10 Estudo das relações

Artigo/Ano/Qtd citações	Enfoque
An experimental study on the conversion between IFPUG and COSMIC functional size measurement units/ 2010/10	Estudo experimental Medição de um projeto colaborativo entre uma companhia externa e University of Alcalá (UAH) APF, COSMIC
On the conversion between IFPUG and COSMIC software functional size units: A theoretical and empirical study/2008/10	Estudo teórico e empírico. Medições com 30 projetos finais de estudantes de Engenharia de Software University of Alcalá, Madrid, Spain. APF, COSMIC

IFPUG-COSMIC Statistical Conversion/2008/10	Estudo experimental medição em um projeto colaborativo entre uma companhia externa e da University of Alcalá (UAH) APF, COSMIC
Convertibility between IFPUG and COSMIC functional size measurements/2007/5	Estudo teórico e empírico. Medições em 33 projetos finais de estudantes de Engenharia de Software University of Alcalá, Madrid, Spain. APF, COSMIC
A family of experiments to evaluate a functional size measurement procedure for Web applications/2009/8	Estudo experimental Avalia uma proposta OO-Method Function Points for the Web (OOmFPWeb)
Experimental evaluation of an object-oriented function point measurement procedure/2007/7	Estudo empírico e experimental Compara duas propostas OO-Method Function Points (OOmFP) , APF
A model-driven measurement procedure for sizing web applications: Design, automation and validation/2007/7	Introduz uma métrica Object oriented Hipermedia fuction points (OO-HFP)
Towards a Method for Evaluating the Precision of Software Measures/2012/7	Aplicou QQM para avaliar a precisão de um método proposto OOmCFP Functional Size Measurement
Measurement of Functional Size in Conceptual Models: A Survey of Measurement Procedures Based on COSMIC/2012/5	Revisão teorica sobre os artigos COSMIC
Functional size measurement revisited/2008/11	Estudo empírico sobre todas as métricas funcionais Dois estudos de casos O primeiro abrangeu 3 sistemas da indústria que foram mensurados MKII, COSMIC, SLOC, APF
Non-functional requirements size measurement method (NFSM) with COSMIC-FFP/2008/5	Propoe um método para mensurar requisitos não funcionais COSMIC

Fonte: do autor.

4 Considerações finais

Esse estudo teve como objetivo geral identificar e avaliar o impacto dos trabalhos científicos mais relevantes sobre a mensuração de tamanho funcional de software. Foram seguidos os sete passos do enfoque meta-analítico e inicialmente foram identificadas e selecionadas as principais revistas do domínio estudado. A coleta de dados permitiu identificar que, apesar do crescimento do quantitativo de artigos sobre esse assunto, há ainda necessidade de experimentações, considerando o baixo quantitativo de pesquisas sobre o tema.

Foram respondidos os problemas anteriormente indagados como:

o quantitativo de pesquisa sobre as métricas funcionais de tamanho é significativo? Os resultados apresentados nas tabelas IV, VI e VII apresentam os principais estudos segundo fator de impacto e número de citações. Pode-se constatar que o quantitativo de pesquisas não é significativo. O ano com maior quantitativo foi 2008 com 23 trabalhos. Nos anos seguintes, houve decréscimo de publicações, que voltou a ter pequeno acréscimo somente em 2012. No caso do Brasil, o quantitativo de publicações, segundo a base consultada, chega no máximo a dois trabalhos por ano.

Com relação ao questionamento se o interesse do mercado, que tem utilizado as métricas funcionais de tamanho, tem influenciado aumento quantitativo de estudos, a tabela IV mostra que não houve aumento quantitativo de estudos nos últimos anos. No caso do Brasil, esse aumento foi tímido, de mais 1 publicação, nos anos de 2011 e 2012, conforme Fig 02. Ou seja, o interesse do mercado não tem incentivado a elaboração de pesquisas ou estudos sobre o assunto. Esse fato possibilita a elaboração de alguns questionamentos: as métricas funcionais de tamanho não necessitam mais ser experimentadas? A evolução tecnológica tem trazido uma série de inovações no desenvolvimento de software para os mais variados contextos e tecnologias, tais como, portais, DW, barramentos, mobiles, internet das coisas etc. As métricas funcionais de tamanho estão adequadas a todos esses contextos? Como o mercado está utilizando a mensuração funcional nesses contextos?

Com relação à questão se os estudos realizados nos últimos anos propõem outras alternativas para mensurar o tamanho funcional de um software, identificaram-se poucos estudos sobre o tamanho funcional de um software, além das experimentações com as métricas APF e COSMIC. Foram encontrados mais trabalhos sobre a aplicabilidade dessas duas métricas em determinados contextos. É possível inferir que essas métricas, por serem reconhecidas pela ISO como métricas funcionais de tamanho, possuem maior capilaridade tanto no meio acadêmico como no mercado, sendo assim mais experimentadas.

A Tabela X identifica quais os principais países que investigam esse assunto. Os países Espanha, Canadá, Turquia e Itália são os países que mais pesquisaram sobre tema, possuindo mais de 50% das publicações indexadas em JCR. O Brasil não é citado na base da Web of Science.

Foi identificada uma revista brasileira, Journal of

the Brazilian Computer Society, que apresenta pesquisas com relação a mensuração funcional de tamanho. Foram encontrados os respectivos autores, com mais de 3 citações, mas para nenhum desses autores se identificou mais de um artigo publicado nesse contexto.

Assim, a análise dos autores, das duas bases pesquisadas e dos artigos possibilitou identificar *gaps* de países que utilizam as métricas de mensuração de tamanho e que realizam pouca ou nenhuma pesquisa sobre o assunto, considerando as bases consultadas. A determinação dos enfoques e a análise das palavras chaves e relacionamentos permitiu inferir que as métricas COSMIC e APF são as mais pesquisadas, mas que a maior parte das pesquisas experimentais e/ou empíricas ocorre no meio acadêmico. Isso pode representar um outro *gap*, uma vez que as métricas têm sido mais utilizadas no mercado de TI de diversos países.

Aplicando-se as sete fases do enfoque meta-analítico, foi possível trabalhar com os artigos, dos autores mais citados nas revistas com maior fator de impacto, que acompanham as tendências dos estudos sobre um tema em crescimento. Os resultados deste trabalho no campo da mensuração funcional de tamanho confirmam que o método proposto para determinar e analisar o objeto de estudo é de grande utilidade, facilitando a consolidação de dados históricos e a identificação de tendências.

Como sugestão de trabalhos futuros, a aplicação do enfoque poderá ser expandida para outras bases, possibilitando a comparação com dados de outros cenários.

Referências

BATENBURG, F., RIDDER, E.; KERF, J. APL Extended compared with orthe languages according to Halstead's theory. *ACM Sigplan notices*, p. 54-60, 1998.

BERALDI, C. L.; ESCRIVÃO FILHO, E. Impacto da tecnologia de informação na gestão de pequenas empresas. *Revista Ciência da Informação*, Brasília, v. 29, n. 1, p. 46-50, 2000.

BOEHM, B. W.; SULLIVAN, K. J. Software economics: a roadmap. In: ACM (Ed.). *Conference on The future of Software engineering*. Ireland, 2000. p. 319-343.

BRASIL. Secretaria de Logística e Tecnologia Da Informação. *Instrução Normativa n° 4, de 11 de setembro de 2014*. Brasília, 2014.

BRAZIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. *Quality Research in Brazilian Software Industry*: pesquisa de qualidade no setor de software brasileiro. Brasília: MCT, 2009.

BRAZIL. Sistema de Administração dos Recursos de Tecnologia da Informação. *Roteiro de Métricas de Software do SISP . 2.0*. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação, 2012.

CASTRO, M. B.; HERNANDES, C. M. A Metric of Software Size as a Tool for IT Governance . In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE, 27., 2013, Brasília. *Anais...* Brasília: CBSOFT, 2013.

COMMON SOFTWARE MEASUREMENT INTERNATIONAL CONSORTIUM. *Introduction to COSMIC*. 4 th. Canada: COSMIC, 2014.

DEKKERS, C.; BUNDSCHUH, M. *The IT measurement compendium: estimating and benchmarking success with functional size measurement*. New York: Springer, 2008.

FENTON, N.; NEIL, M. Future of Software Engineering. *ACM*, Ireland. p. 359-370, 2000.

FENTON, N.; PFLEEGER, S. *Software metrics a rigorous & practical approach*. 2. ed. EUA: PWS Publishing Company, 1997.

GARCIA, C.; RAMIREZ, C. El meta análisis como instrumento de investigación en la determinacion y análisis del objeto del estudio: aplicado al estudio de sistema de información. In: CONGRESSO DE ALICANTE, 2004, Alicante, *Anais...* 2004. p. 1-13.

GARMUS, D.; HERRON, D. *Function pont analysis: measurement practices for successful software projects*. EUA: Addison-Esley Information Technology series, 2000.

IBM. *Advanced visualization*. (IBM). Disponível em: <<http://www-01.ibm.com/software/analytics/many-eyes/>>. Acesso em: 12 nov. 2014.

INSTITUTE for Scientific Information. *Journal of Citation Reports*. nov. 1998.

INTERNATIONAL FUNCTION POINT USERS GROUP. *Manual de práticas de contagem de pontos de função*. 4.3. EUA: IFPUG, 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION 14143. *Information technology: software measurement - Functional size measurement*. ISO/IEC, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION 19761. *Cosmic: a functional size measurement method*. Cidade: ISO/IEC, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION 20926. *Software and systems engineering : Software measurement - IFPUG functional size measurement method 2009*. ISO/IEC, 2009.

MARIANO, A. M.; GARCIA CRUZ, R.; ARENAS GAITAN, J. Meta Análises como instrumento de pesquisa: uma revisão sistemática da bibliografia aplicada ao estudo das alianças estratégicas internacionais. CONGRESSO INTERNACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO: GESTÃO ESTRATÉGICA: INOVAÇÃO COLABORATIVA E COMPETITIVIDADE. 2011, Ponta Grossa. *Anais...* Ponta Grossa: UEPG, 2011. p. 12.

MELI, R. *Functional metrics: problems and possible solutions*. Brussels: FESMA, 1998.

PUTNAM, L. H.; MYERS, W. *Measures for excellence: Reliable Software on Time*. New Jersey: Prentice Hall, 1992.

RAMIREZ CORREA, P.; GARCIA CRUZ, R. Meta-análisis sobre la implantacion de sistemas de planificacion de recursos empresariales. (T. F. USP, Ed.) *Journal of Information Systems and Technology Management*, São Paulo, v. 2, n. 3, p. 245-273, oct. 2005.

RESEARCH in International Management. Disponível em: <<http://www.harzing.com/pop.htm>>. Acesso em: 11 nov. 2014.

SCOPUS database. *SCImago Journal & Country Rank*. Disponível em: <<http://www.scimagojr.com/>>. Acesso em: 11 nov. 2014.