

Priorização de Requisitos utilizando Técnicas Baseadas em Busca: Um Mapeamento Sistemático

Andrei W. Corezolla¹, Alinne C. Correa Souza¹, Francisco Carlos M. Souza¹

¹Coordenação de Engenharia de Software

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos – PR – Brasil

andrei@alunos.utfpr.edu.br, {alinnesouza, franciscosouza}@utfpr.edu.br

Abstract. *The development and delivery of software with quality and in a very short time has been a challenge in companies. The activity of choosing the best requirements set that will compose system version, among many requirements is a challenging activity since traditional prioritization methods are ineffective. In this paper, we describe a systematic mapping to identify evidence with respect to the techniques and approaches for requirements prioritization using search-based software engineering. We analyzed 151 studies and we selected 16 primary studies and they indicate that most of the reported approaches convert the requirements prioritization as multiobjective problems, which underscores the importance of further research in the area so that the prioritization can reach an acceptable level of maturity and be used in real interesses of the Stakeholders and it not considering only time and budget.*

Resumo. *Desenvolvimento e entrega de soluções de software com qualidade em um curto espaço de tempo é um desafio enfrentado pelas empresas. Saber escolher os melhores conjuntos de requisitos que irão compor a versão do sistema é uma atividade custosa, visto que métodos tradicionais de priorização se mostram ineficazes. Neste artigo, é apresentado um mapeamento sistemático para identificar evidências com relação às técnicas e abordagens para priorização de requisitos usando a engenharia de software baseada em busca. Foram analisados 151 estudos e selecionados 16 estudos primários, os quais indicam que a maioria das abordagens relatadas converte a priorização de requisitos como problemas multiobjetivos, o que ressalta a importância de mais pesquisas na área para que a priorização para atingir um nível aceitável de maturidade e ser usada em interesses reais dos Stakeholders e não somente considerando prazo e orçamento.*

1. Introdução

Com o crescimento das demandas do mercado de software, as empresas tem buscado por soluções que auxiliem na seleção e ou priorização dos requisitos que mais agregaram valor em seu produto. A priorização de requisitos consiste em uma atividade que visa definir quais serão os requisitos, ou conjunto deles, a serem executados em uma determinada ordem [Sommerville 2016]. Nesse contexto, a utilização de metodologias de priorização de requisitos ganham o seu espaço. Essas metodologias auxiliam nas tomadas de decisões, sendo um aspecto primordial dentro do desenvolvimento de software visto que a utilização de recursos de um projeto cresce exponencialmente de acordo com a sua complexidade.

É importante ressaltar que a atividade de priorização de requisitos é uma atividade crítica, pois visa atingir esse objetivo é necessário identificar quais requisitos irão proporcionar maior satisfação ao cliente. Portanto, a decisão errônea sobre quais requisitos devem ser priorizados pode afetar a qualidade global do sistema e a sua aceitação pelos clientes.

Assim, com as fortes demandas dos projetos e a complexidade dos mesmos, técnicas tradicionais de priorização de requisitos perderam a sua eficácia, trazendo um grande problema em relação à priorização de requisitos. Nesse contexto, surgiu a área de pesquisa denominada Engenharia de Software baseada em Busca *do inglês, Search-Based Software Engineering (SBSE)* que dispõe de técnicas baseadas em busca para solucionar tais problemas. Técnicas de busca são métodos ou algoritmos que combinam funções-objetivo com heurísticas aplicadas em problemas de otimização. Essa combinação é muitas vezes realizada por meio de estatísticas obtidas das amostras de um espaço de busca ou baseadas em algum fenômeno natural ou processo físico [Russell et al. 2010].

A respeito deste interesse, foi realizado um Mapeamento Sistemático (MS) visando identificar abordagens relacionadas com técnicas baseadas em buscas para a priorização de requisitos. Este MS consiste em uma atualização do MS conduzido por Pitangueira et al. [Pitangueira et al. 2015], o qual foi realizado considerando estudos até 2013. Portanto, este MS analisou estudos a partir de 2013.

Neste trabalho são apresentados os resultados de um MS, os elementos essenciais do protocolo de pesquisa elaborado e a forma como o processo foi conduzido. O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 descreve os principais elementos do protocolo de pesquisa e como o MS foi conduzido. A Seção 3 apresenta os resultados do estudo e discute as eventuais ameaças à validade. E, finalmente, as considerações finais são apresentadas na Seção 4.

2. Mapeamento Sistemático

Para auxiliar a condução do MS foi utilizada uma metodologia sistemática proposta por Kitchenham et al. [Kitchenham et al. 2010] que busca identificar, avaliar e interpretar, de uma forma geral, evidências na área de interesse. Um MS começa com a fase de planejamento, que inclui a formulação das questões de pesquisa e a definição da estratégia de busca, dos critérios de inclusão e exclusão, seguido pela busca e análise dos estudos. Para a condução deste MS as seguintes QPs foram desenvolvidas:

- **QP₁**: Quais técnicas baseadas em busca têm sido utilizadas para a priorização de requisitos de software?
- **QP₂**: Como os problemas de priorização de requisitos têm sido formulados nos estudos identificados?

Com a QP₁ espera-se identificar diferentes tipos de técnicas baseadas em busca que têm sido utilizadas para solucionar o problema de priorização de requisitos. A QP₂ visa identificar abordagens que estão sendo utilizadas para a formulação de problemas de priorização de requisitos, ou seja, se estão utilizando, por exemplo *Next Release Problem (NRP)*, *Multi-Objective Next Release Problem (MONRP)* ou outras abordagens. NRP é uma modelagem do problema de priorização de requisitos que utiliza informações a cerca dos requisitos dos clientes, do custo relacionado ao requisito, e do valor associado

ao cliente. MONRP considera o problema do NRP como multiobjetivo, ou seja, visa maximizar a satisfação do cliente em relação aos requisitos e minimizar o custo.

A partir das QPs, foi gerada a *string* de busca que consistiu na combinação das palavras “*search based software engineering*” e “*requirements prioritization*” e seus respectivos sinônimos, todas no idioma inglês. Portanto, a seguinte *string* de busca foi gerada: ((“*search based software engineering*” OR “*search based*” OR *metaheuristic* OR *SBSE*) AND (“*requirements prioritization*” OR “*requirements optimization*” OR “*requirements selection*” OR “*software requirements prioritization*” OR *priorization*)).

Com a *string* definida, foi realizada a busca automática nas quatro bases de dados eletrônicas (*ACM Digital Liabrary*, *Engineering Village*, *IEEE Xplore* e *Scopus*). Essas bases foram selecionadas de acordo com as diretrizes propostas por [Brereton et al. 2007]. Para auxiliar o processo de condução foram definidos os seguintes critérios de inclusão e exclusão: **Crítérios de Inclusão (CI)** - **CI₁**: estudos primários que apresentam alguma técnica de busca para priorização de requisitos; e **CI₂**: estudos primários que evidenciam abordagens para formulação de problemas de priorização de requisitos.

Crítérios de exclusão são importantes, pois permitem uma maior precisão na eliminação de estudos considerados não relevantes ao contexto da pesquisa em andamento. Por essa razão, durante a análise dos estudos retornados, todos aqueles que enquadraram-se em ao menos um dos critérios de exclusão abaixo foram descartados. Tais critérios são: **Crítérios de Exclusão (CE)** - **CE₁**: estudos primários que não sejam *full paper* ou *short paper* (pôsteres, tutoriais, dissertações e teses); **CE₂**: estudos primários com textos incompletos; **CE₃**: estudos primários introdutórios para livros; **CE₄**: estudos primários escritos em outra língua que não seja inglesa; e **CE₅**: estudos primários que seja uma versão anterior de um estudo mais completo sobre a mesma investigação;

O processo de condução do MS é apresentado na Figura 1. É importante ressaltar que as buscas foram conduzidas no período de março até junho de 2019.

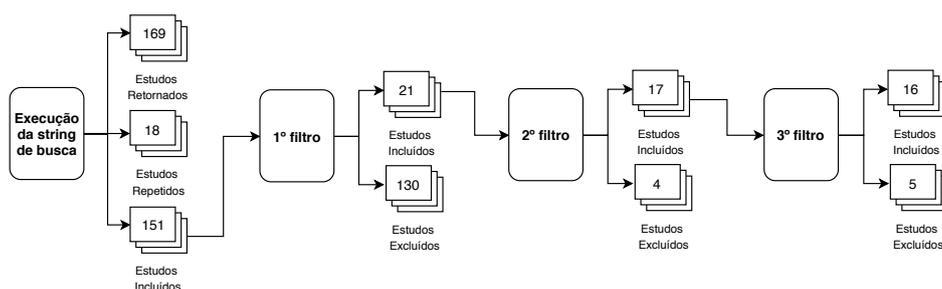


Figura 1. Processo de Condução do MS

Com a execução da *string* de busca, na 1ª fase foram retornados 16 estudos no *IEEE*, 73 estudos no *Scopus*, 15 estudos na *ACM*, e 65 no *Engineering Village*, totalizando 169 estudos, desses estudos foram identificados 18 estudos repetidos, os quais foram excluídos de acordo com os critérios estabelecidos, restando assim 151 estudos. Na 2ª fase, foram lidos os títulos e os resumos dos estudos, e neles aplicados os critérios de inclusão e exclusão, onde os estudos que não se encaixavam com o objetivo de pesquisa do trabalho foram descartados, restando assim 21 estudos incluídos e 130 excluídos. Na 3ª fase foram lidas as introduções e as conclusões dos estudos e dos 21 estudos restantes

da fase anterior, 16 foram incluídos e 5 excluídos. Na 4ª fase, os 16 estudos foram lidos na íntegra e todos foram incluídos.

Cada estudo foi analisado de acordo com o seu objetivo principal em relação às técnicas de busca para priorização de requisitos, bem como os problemas de priorização de requisitos estão sendo modelados. É necessário destacar que de acordo com os objetivos dos estudos, os mesmos foram classificados em três categorias:

- **C₁ - NRP**: reúne estudos que apresentam modelagem do problema como um único objetivo a ser otimizado;
- **C₂ - MONRP**: contempla estudos que tratam a priorização como multiobjetivos;
- **C₃ - NRP e MONRP**: contempla estudos que focam tanto na modelagem único objetivo quanto multiobjetivo;

3. Resultados e Discussões

Esta seção visa apresentar e discutir os resultados alcançados por meio do processo de classificação dos estudos. De acordo com os resultados, é notável que a maior concentração dos estudos incluídos foi por meio da base *Scopus* com 69% (11/16), seguida da *IEEE*, e *Engineering Village* com 25% (4/11) e 6% (1/11), respectivamente. Quanto a base da *ACM* nenhum estudo foi incluído. Outra informação extraída foi o percentual de estudos primários selecionados de acordo com o tipo de publicação. 81% (13/16) dos estudos selecionados foram publicados em periódicos, enquanto que somente 19% (3/16) foram em conferências.

Dentre os 16 estudos incluídos é importante destacar que estes estão distribuídos entre 11 países diferentes. Desses 11 países, o Brasil e a Espanha são os que mais tem investigado nessa área, com 3 estudos cada, seguidos pela Itália, com 2 estudos. A partir dos 16 estudos analisados é possível observar que em 2013 foi o ano com mais estudos identificados totalizando com nove. Na Figura 2 é notável que a atualização foi fundamental, uma vez que além dos seis estudos selecionados por [Pitangueira et al. 2015] em 2013, mais três novos estudos foram incluídos neste mesmo ano.

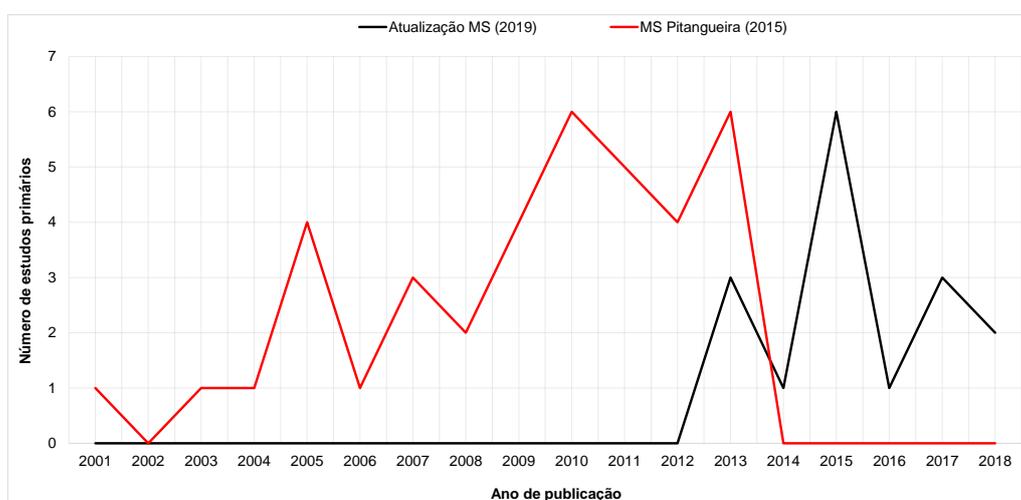


Figura 2. Visão geral dos estudos primários incluídos neste MS e por [Pitangueira et al. 2015] ao longo dos anos

Para responder a QP₁, na Figura 3 são sumarizadas 20 técnicas diferentes identificadas nos estudos incluídos. É observável que a técnica NGSa-II (*Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II*) foi utilizada em 11 estudos, devido ser uma técnica multi-objetivo. No estudo de Pitagueira et al. [Pitagueira et al. 2015] 42 técnicas foram identificadas, das quais 11 continuaram sendo utilizadas a partir de 2013. Assim como neste MS, no trabalho de Pitagueira et al. [Pitagueira et al. 2015] a técnica NGSa-II foi a mais utilizada, uma vez que foi contemplada em 12 estudos diferentes dos 39 estudos incluídos.

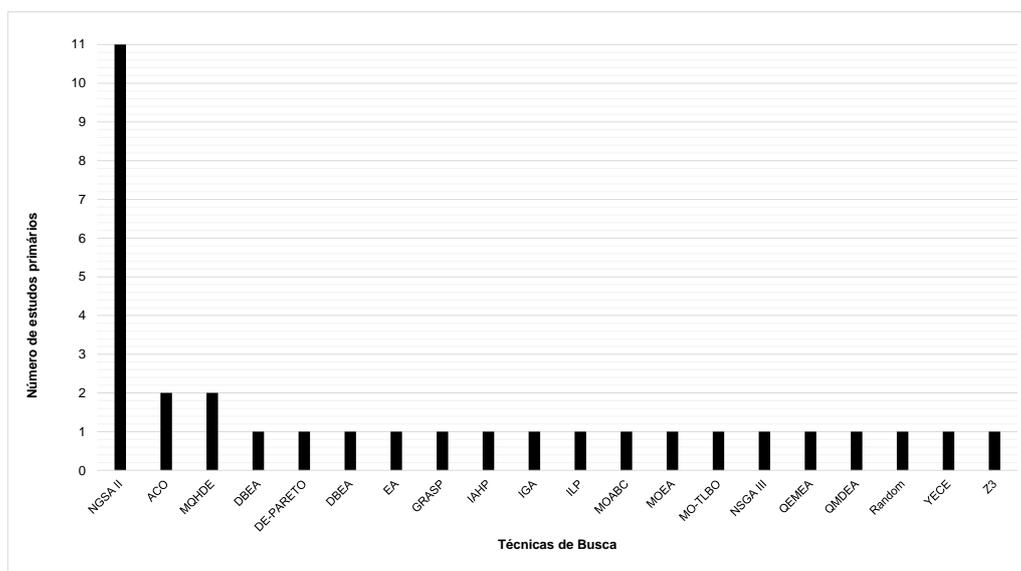


Figura 3. Visão geral das técnicas de busca identificadas

Na Tabela 1 são apresentados os estudos que utilizaram dados reais, normalmente industriais, dados fictícios e alguns estudos relataram o uso de dados reais como dados fictícios em seus experimentos. Para responder a QP₂, foram identificadas que 56% (9/16) dos estudos utilizaram a técnica MONRP, 38% (6/16) utilizaram NRP e somente 6% (1/16) utilizaram ambas as técnicas.

Conforme pode ser visto na Tabela 1, cerca de 56% (9/16) dos artigos utilizavam exclusivamente dados reais. Desses 56%, 44% (7/16) utilizaram dados reais na formulação de problemas de priorização de requisitos utilizando MONRP. Em contra partida, para este mesmo tipo de dados, somente 12% (2/16) dos estudos modelaram problemas de priorização de requisitos com NRP. Por outro lado, a combinação dos dois tipos de dados (real e fictícios) foram utilizadas em diferentes abordagens que foram agrupados nas categorias C₁, C₂ e C₃.

3.1. Novas Perspectivas de Pesquisa

A Engenharia de Requisitos consiste de um processo que compreende todas as atividades relacionadas aos interesses e desejos do cliente, assim como, a produção de documentos para auxiliar os *stakeholders* do projeto. Porém, quando se trata dos desejos de cada um, a equipe de gerenciamento do projeto precisa identificar cada *stakeholder* e qual a relação e efeitos de seus interesses com o projeto. Dessa forma, a equipe pode determinar

Tabela 1. Visão geral dos estudos primários referente às categorias, dados utilizados e técnicas identificadas

Categorias	Estudos Primários	Dados	Técnicas
C1	[Tonella et al. 2013]	real	IGA, IAHP
	[Sureka 2014]	fictícia	NSGA II
	[Del Sagrado et al. 2015]	real e fictícia	Ant Colony Optimization
	[Pitangueira 015a]	fictícia	NSGA II
	[Amaral and Elias 2018]	real	NSGA II
[Geng et al. 2018]	real e fictícia	NSGA II, NSGA III, MOEA, DBEA	
C2	[Kumari et al. 2013]	real e fictícia	MQHDE
	[Chaves-González and Pérez-Toledano 2015]	real	DE-PARETO
	[Chaves-Gonzalez et al. 2015]	real	MOABC, ACO, NSGA II, GRASP
	[Zhang et al. 2013]	real	NSGA II
	[Chaves-González et al. 2015]	real	MO-TLBO, NSGA II
	[Chaves-González et al. 2015]	real	QEMEA, QMDEA, MQHDE E NSGA II
	[Kumari and Srinivas 2016]	real	QEMEA, QMDEA, MQHDE E NSGA II
	[Pitangueira et al. 2017]	real	NSGA II, YECE, Z3
	[Li et al. 2017]	real	NSGA II e Random Search
	[Kifetew et al. 2017]	fictícia	EA
C3	[Veerapen et al. 2015]	real e fictícia	NSGA II E ILP

a importância de requisitos e/ou artefatos e as expectativas em relação ao projeto de todas as partes envolvidas.

A partir da definição dos principais interesses do projeto e suas importâncias, decidir qual tem o maior peso ainda é uma tarefa complexa, uma vez que eles se entrelaçam com diversas variáveis dentro do processo de desenvolvimento, como risco e tempo. Assim, a priorização de requisitos, além de utilizar os requisitos a serem desenvolvidos e as dependências entre eles, também envolve os interesses dos *stakeholders*, como por exemplo, valor do negócio, valor e dependências dos requisitos, custo, tempo, risco, dentre outros. De um modo geral, os estudos apresentados neste MS e no anterior realizado por [Pitangueira et al. 2015], abordam a priorização de requisitos como NRP e MONRP que focam principalmente em um orçamento limite. Com os avanços tecnológicos e o aumento da exigência dos clientes, novos sentidos para a atividade de priorização devem ser definidos.

Diante da análise dos estudos é possível perceber que eles focam em apenas um nicho de interesses, porém no âmbito industrial isso pode ser tornar inviável. Conclusivamente, a fim de amadurecer a aplicação dessas abordagens na indústria, deve-se conhecer como na prática os requisitos são priorizados, ou seja, quais variáveis são importantes para a definição do grupo de requisitos que devem ser implementados na próxima *release*. A utilização de técnicas de busca e metaheurísticas tem produzido bons resultados nesse contexto. Uma nova perspectiva para seu uso poderia ser acerca de como os requisitos têm sido avaliados para produção do conjunto a ser priorizado. Desde modo, uma lacuna de pesquisa é a construção de funções objetivos que sejam adaptativas a diferentes contextos de priorização.

3.2. Ameaças à Validade

Como ameaças à validade deste MS, pode-se citar a criação e adaptação da *string* de busca. Como as palavras e as expressões que compõem são derivadas a partir das QPs, a correta construção desta é vital para a efetividade da pesquisa. Da mesma forma, a adaptação da *string* para cada base pode mudar o foco da pesquisa caso não seja feita de forma precisa. Para mitigar esta ameaça, foi solicitado a um especialista que avaliasse a *string* para validá-la e melhorar sua efetividade.

Por fim, a última ameaça é o número de pesquisadores. Este mapeamento foi efetuado por um pesquisador apenas. Tal situação aumenta o risco de vieses presentes no trabalho. Para mitigar esta ameaça o pesquisador foi acompanhado por especialistas e orientadores para reduzir o risco de interpretações errôneas e garantir a qualidade do MS.

4. Considerações Finais

Neste artigo foram apresentados e discutidos os resultados de 16 estudos no MS conduzido com o objetivo de identificar técnicas baseadas em busca que têm sido utilizadas para solucionar o problema de priorização de requisitos, bem como quais abordagens tem sido utilizadas na formulação de problemas de priorização de requisitos.

Neste trabalho foi realizado um MS e não uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), como no trabalho de [Pitangueira et al. 2015], pois o objetivo consistia em identificar evidências sobre técnicas de buscas para a priorização de requisitos, bem como abordagens utilizadas para a formulação de problemas de priorização de requisitos. A definição do MS foi baseado nas diretrizes propostas por [Kitchenham and Charters 2007]. Esse mapeamento foi realizado com o intuito de atualizar as evidências sobre a priorização de requisitos a fim de propor novas perspectivas acerca do tema. Apesar de ser um contexto bastante explorado, ainda precisa ser amadurecido no sentido de testar as abordagens em ambientes reais, assim como aplicar no real interesse dos envolvidos no processo de desenvolvimento de software.

Os resultados apontam tendências quanto às técnicas NGSa-II, ACO, MQHDE (QP₁ - Figura 3) para a priorização de requisitos, bem como a abordagem MONRP (QP₂ - Tabela 1) para a formulação de problemas de priorização de requisitos. Isso mostra que os estudos atuais têm focado na otimização em mais de um objetivo, isto é, abordando mais de um interesse na priorização, tais como, custo, risco, tempo, valor do negócio, dentre outros.

Por fim, a principal contribuição desse trabalho está na obtenção de uma visão geral das possíveis soluções atuais para a priorização de requisitos utilizando técnicas de busca, bem como nos métodos de modelagem aplicados ao contextos, revelando atividades que ainda podem ser investigadas e futuras oportunidades de pesquisa. Como trabalhos futuros, pretende-se complementar os resultados obtidos nesse MS por meio da busca de novos artigos em outras bases eletrônicas como por exemplo Google Scholar, por meio da busca manual em anais de congressos na área e por meio de referências.

Referências

Amaral, A. G. and Elias, G. (2018). A multi-objective, risk-based approach for selecting software requirements. In *ICAART*, pages 338–346.

- Brereton, P., Kitchenham, B. A., Budgen, D., Turner, M., and Khalil, M. (2007). Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. *Systems and Software*, 80:571–583.
- Chaves-González, J. M. and Pérez-Toledano, M. A. (2015). Differential evolution with pareto tournament for the multi-objective next release problem. *Applied Mathematics and Computation*, 252:1–13.
- Chaves-Gonzalez, J. M., Perez-Toledano, M. A., and Navasa, A. (2015). Software requirement optimization using a multiobjective swarm intelligence evolutionary algorithm. *Knowledge-Based Systems*, 83:105–115.
- Chaves-González, J. M., Pérez-Toledano, M. A., and Navasa, A. (2015). Teaching learning based optimization with pareto tournament for the multiobjective software requirements selection. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 43:89–101.
- Del Sagrado, J., Del Águila, I. M., and Orellana, F. J. (2015). Multi-objective ant colony optimization for requirements selection. *Empirical Software Engineering*, 20(3):577–610.
- Geng, J., Ying, S., Jia, X., Zhang, T., Liu, X., Guo, L., and Xuan, J. (2018). Supporting many-objective software requirements decision: An exploratory study on the next release problem. *IEEE Access*, 6:60547–60558.
- Kifetew, F. M., Susi, A., Muñante, D., Perini, A., Siena, A., and Busetta, P. (2017). Towards multi-decision-maker requirements prioritisation via multi-objective optimisation. In *CAiSE-Forum-DC*, pages 137–144.
- Kitchenham, B. and Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report.
- Kitchenham, B., Pretorius, R., Budgen, D., Brereton, P., Turner, M., Niazi, M., and Linkman, S. (2010). Systematic literature reviews in software engineering - a tertiary study. *Inf. Softw. Technol.*, pages 792–805.
- Kumari, A. C. and Srinivas, K. (2016). Comparing the performance of quantum-inspired evolutionary algorithms for the solution of software requirements selection problem. *Information and Software Technology*, 76:31–64.
- Kumari, A. C., Srinivas, K., and Gupta, M. (2013). Software requirements selection using quantum-inspired multi-objective differential evolution algorithm. In *2012 CSI Sixth International Conference on Software Engineering (CONSEG)*, pages 1–8. IEEE.
- Li, Y., Zhang, M., Yue, T., Ali, S., and Zhang, L. (2017). Search-based uncertainty-wise requirements prioritization. In *22nd International Conference on Engineering of Complex Computer Systems (ICECCS)*, pages 80–89.
- Pitangueira, A. M. (2015a). Incorporating preferences from multiple stakeholders in software requirements selection an interactive search-based approach. In *23rd International Requirements Engineering Conference*, pages 382–387.
- Pitangueira, A. M., Maciel, R. S. P., and Barros, M. (2015). Software requirements selection and prioritization using sbse approaches. *J. Syst. Softw.*, 103(C):267–280.
- Pitangueira, A. M., Tonella, P., Susi, A., Maciel, R. S. P., and Barros, M. (2017). Minimizing the stakeholder dissatisfaction risk in requirement selection for next release planning. *Information and Software Technology*, 87:104–118.
- Russell, S. J., Norvig, P., and Davis, E. (2010). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 3rd edition.
- Sommerville, I. (2016). *Software Engineering*. Pearson Addison-Wesley, Scotland, 10th edition.
- Sureka, A. (2014). Requirements prioritization and next-release problem under non-additive value conditions. In *2014 23rd Australian Software Engineering Conference*, pages 120–123. IEEE.
- Tonella, P., Susi, A., and Palma, F. (2013). Interactive requirements prioritization using a genetic algorithm. *Information and software technology*, 55(1):173–187.
- Veerapen, N., Ochoa, G., Harman, M., and Burke, E. K. (2015). An integer linear programming approach to the single and bi-objective next release problem. *Information and Software Technology*, 65:1–13.
- Zhang, Y., Harman, M., and Lim, S. L. (2013). Multi-objective ant colony optimization for requirements selection. *Information and Software Technology*, 55:126–152.