

Estudo sobre associação de modelos de maturidade e metodologias ágeis

Study on the association of maturity models and agile methodologies

Estudio sobre la asociación de modelos de madurez y metodologías ágiles

Recebido: 21/11/2019 | Revisado: 22/11/2019 | Aceito: 23/11/2019 | Publicado: 29/11/2019

Klauren Godoi Araújo Camargo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1893-6969>

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Brasil

E-mail: klaurengodoi@gmail.com

Napoleão Verardi Galeale

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2228-9151>

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Brasil

E-mail: nvg@galeale.com.br

Marília Macorin de Azevedo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0225-8155>

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Brasil

E-mail: marilia.azevedo@fatec.sp.gov.br

Jose Manoel Souza das Neves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7277-9434>

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Brasil

E-mail: jmneves.fatec@gmail.com

Resumo

Com a crescente utilização de métodos ágeis para gerenciamento de projetos de software e devido à necessidade de monitoramento de processos nas empresas, o objetivo deste artigo é identificar como vem sendo feita a associação de metodologias ágeis de desenvolvimento de software com modelos de maturidade comumente utilizados na metodologia tradicional. Para tanto buscou-se identificar por meio de um levantamento em publicações científicas, quais os modelos de maturidade utilizados e como estes são relacionados com a prática de desenvolvimento ágil de software. Observou ser um assunto de estudo mais recente e de interesse dos pesquisadores. Como resultado foram identificadas duas linhas de pesquisa bem evidentes, sendo uma para proposição de novos modelos de maturidade de processos

considerando métodos ágeis, e a outra sobre aplicação de práticas ágeis para obtenção de níveis de maturidade definidos pelo CMMI.

Palavras-chave: Scrum; CMMI; Desenvolvimento de software; Sistemas Produtivos.

Abstract

With the increasing use of agile methods for software project management and due to the need for process monitoring in organisations, the objective of this paper is to identify how the association of agile software development methodologies with maturity models commonly used in the traditional methodology has been made. Therefore, we sought to identify, through a survey in scientific publications, which maturity models are used and how they are related to the practice of agile software development. It noted to be a subject of more recent study and of interest of the researchers. As a result, two very evident lines of research were identified, one for proposing new process maturity models considering agile methods, and the other about applying agile practices to obtain maturity levels defined by the CMMI.

Keywords: Scrum; CMMI; Software development; Productive Systems.

Resumen

Con el uso cada vez mayor de métodos ágiles para la gestión de proyectos de software y debido a la necesidad de monitorear los procesos en las empresas, el objetivo de este documento es identificar cómo se ha hecho la asociación de las metodologías de desarrollo de software ágiles con los modelos de madurez comunes. utilizado en la metodología tradicional. Por lo tanto, buscamos identificar, a través de una encuesta en publicaciones científicas, qué modelos de madurez se utilizan y cómo se relacionan con la práctica del desarrollo ágil de software. Se señaló que era un tema de estudio más reciente y de interés para los investigadores. Como resultado, se identificaron dos líneas claras de investigación, una para proponer nuevos modelos de madurez de procesos considerando métodos ágiles, y la otra sobre la aplicación de prácticas ágiles para obtener niveles de madurez definidos por el CMMI.

Palabra clave: Scrum; CMMI; Desarrollo de software; Sistemas Productivos.

1. Introdução

No mercado atual de desenvolvimento de software, muito se tem falado sobre a utilização de metodologias ágeis para entregar mais rápido um produto e com maior aderência

às reais necessidades dos usuários. Nesta busca por um padrão de qualidade nos produtos criados, as empresas fornecedoras de software querem adequar-se e certificar seus processos dentro de alguns padrões tidos como referência.

Embora as metodologias ágeis sejam discutidas desde 2001 como forma de gerenciar projetos de desenvolvimento de software de forma mais leve, que considere o valor do produto para o cliente com menor desperdício de construção possível, ainda hoje as empresas sentem dificuldade na sua aplicação e buscam formas de medir eficiência, eficácia e otimização de processos de produção.

Este artigo surgiu do *insight* em buscar resposta para a seguinte questão: como as empresas medem sua maturidade de processos e seu progresso quando adotam métodos ágeis de desenvolvimento de software? Assim, efetuou-se o estudo conforme a seguinte estrutura na construção: será apresentado na próxima seção um referencial teórico contendo o estado da arte dos assuntos para embasar os temas retratados nas demais seções. Na seção 3 encontra-se detalhado o método utilizado para realizar a pesquisa e obter os resultados apresentados e discutidos na seção 4. A seção 5 destina-se às considerações finais dos autores e por fim encontram-se as referências consultadas.

Ressalta-se que o objetivo do presente artigo é identificar por meio de um levantamento em publicações científicas como vem sendo feita a associação de metodologias ágeis no desenvolvimento de software com modelos de maturidade de processos. Para tanto buscou-se identificar quais os modelos de maturidade utilizados e como estes são relacionados com a prática de desenvolvimento ágil de software.

2. Métodos ágeis e Modelos de Maturidade

Apresenta-se um resumo sobre o estado da arte dos temas relevantes e dos modelos de maturidade mais citados nos artigos selecionados para discussão dos resultados constantes neste trabalho.

Um grupo de experientes profissionais de desenvolvimento de software se reuniu em 2001, com finalidade de discutir as melhores práticas que traziam agilidade e assertividade na geração de valor pela construção de software. Como resultado deste encontro foi redigido o Manifesto Ágil, cujos valores foram declarados como premissas da adaptabilidade e agilidade, sendo que indivíduos e interações, software em funcionamento, colaboração com cliente e aceitação às mudanças sobressaem sobre processos e ferramentas, documentação abrangente, negociação de contratos e seguir planos. (Beck, et al., 2001)

Os quatro valores ágeis estão sustentados pelos 12 princípios ágeis que orientam a forma de trabalhar de uma equipe de desenvolvimento de software que segundo Conboy (2009) objetiva a criação de mudança rápida ou inerentemente, de forma proativa ou reativa que gere aprendizado e contribua para o valor percebido pelo cliente em economia, qualidade e simplicidade, pela colaboração entre cliente e time.

Segundo os princípios do Controle da Qualidade Total de Feigenbaum, Barçante (1998) indica que a qualidade de produtos e serviços inicia na elaboração de um projeto e termina apenas quando está nas mãos do consumidor. Ainda afirma que neste percurso, as ações devem ser conduzidas sobre todo o sistema – visão sistêmica – com objetivo de prover controle preventivo desde o início até o fornecimento, com base em trabalho multifuncional. Essa teoria serviu de base para a criação das normas ISO 9000.

Koscianski & Soares (2007) afirmam que um dos fatores de fracasso de projetos de desenvolvimento de software é a constante alteração de requisitos, porém essas alterações são inevitáveis, e a maneira como essas mudanças são tratadas pode ser a chave para o sucesso do produto. Os autores indicam que organizações maduras tem o cliente como parceiro, ambos desejam o sucesso do projeto. Para isso, pautam pela transparência ao discutir prazos, custo e qualidade do projeto, sendo as não conformidades discutidas entre cliente e desenvolvedores. Nessas organizações, embora exista assinatura de contratos bem definidos, o diálogo e o envolvimento do usuário na construção do documento, a avaliação e gerenciamento de riscos, definição de métricas que possibilita coleta de informações para aprimoramento do gerenciamento dos processos, identificação de lacunas de conhecimento, necessidade de treinamento, e abertura para a cultura do feedback se tornam mais importantes que o mero cumprimento de um contrato.

No Guia PMBOK, Rose (2013) sinaliza que a abordagem básica do gerenciamento da qualidade busca compatibilidade com os padrões da Organização Internacional para padronização (ISO), e reconhece a importância da melhoria contínua, cuja base está no ciclo PDCA (planejar-fazer-verificar-agir), definido por Shewhart e modificada por Deming. Também considera as iniciativas de melhoria da qualidade tais como o Gerenciamento da Qualidade Total (GQT), Seis Sigma e Lean Seis Sigma para aprimoramento do gerenciamento de projetos e a qualidade dos produtos. Sinaliza ainda que os modelos de melhoria de processos incluem Malcolm Baldrige, Modelo de Maturidade Organizacional em Gerenciamento de Projetos (OPM3) e Modelo Integrado de Maturidade e de Capacidade (CMMI).

Segundo Paulk (2001), o Instituto de Engenharia de Software em Carnegie Mellon University desenvolveu o SW-CMM como modelo para melhoria de processos, inspirado nos cinco estágios de maturidade descritos por Crosby em 1992. SW-CMM é um modelo de cinco níveis que descreve boas práticas da gestão e prescreve prioridades de melhoria para organizações de software.

Koscianski & Soares (2007) descrevem que o SW-CMM organiza os passos evolucionários em uma escala para avaliar a maturidade do processo dentro da empresa, sendo que a partir do segundo, todos os passos são compostos por várias áreas chaves de processo (KPA – Key Process Areas), que correlacionam grupos de atividades e conjunto de metas, cumulativos, ou seja, cumprindo o quinto nível, a empresa satisfaz as KPAs do nível 2 ao 5. Os níveis são: 1 – Nível inicial com processos ad-hoc, 2 – Nível gerenciado com processos disciplinados, 3 – Nível definido com processos padronizados, 4 – Nível gerenciado quantitativamente com processos medidos e controlados quantitativamente, 5 – Nível otimizado com processos melhorados continuamente.

Após este, diversos outros modelos foram criados, então com o intuito de integrá-los e evoluir o CMM, foi criado o CMMI (Capability Maturity Model Integration), compatível com a ISO/IEC TR 15504, um guia dividido em 4 disciplinas: Engenharias de Sistemas e de Software, Desenvolvimento e Integração de produtos e processos e Fontes de aquisição. para a melhoria de processos e da habilidade dos profissionais quanto ao gerenciamento do desenvolvimento, aquisição e manutenção de produtos e serviços. (Koscianski & Soares, 2007). Sua representação pode ser por estágio conforme demonstra a tabela 1 ou contínua conforme demonstra a tabela 2.

Tabela 1 – Representação do CMMI por estágios

Nível de Maturidade 1 (Inicial)	Processos caóticos sem ambiente estável para o desenvolvimento de software.
Nível de Maturidade 2 (Gerenciado)	Requisitos gerenciados e processos planejados, medidos e controlados.
Nível de Maturidade 3 (Definido)	Processos bem caracterizados e entendidos. Maior consistência nos produtos gerados.
Nível de Maturidade 4 (Gerenciado quantitativamente)	Processos selecionados para contribuir com o desempenho geral dos demais processos. Controlados por métodos estatísticos e outras técnicas quantitativas.
Nível de Maturidade 5 (Otimizado)	Processos continuamente melhorados com inovações e melhor uso de tecnologias, com base no entendimento quantitativo de causas de alteração de desempenho. Efeitos da implantação da melhoria de processos são medidos e avaliados.

Fonte: Autores – com base em Koscianski & Soares, 2007

Tabela 2 – Representação contínua do CMMI

Nível 0	Atribuído à não realização de um processo.
---------	--

(Incompleto)	
Nível 1 (Realizado)	Cada processo deve cumprir todos os objetivos específicos de sua área.
Nível 2 (Gerenciado)	Cada processo cumpre todos os objetivos do nível 1 e é planejado e executado de acordo com uma política determinada. Processos e produtos monitorados, controlados e revisados.
Nível 3 (Definido)	Cada processo cumpre todos os requisitos do nível 2. Processos padronizados são estabelecidos e melhorados continuamente.
Nível 4 (Gerenciado Quantitativamente)	Cada processo cumpre todos os requisitos do nível 3. Processos neste nível são definidos e controlados quantitativamente. Dados referentes a subprocessos são coletados e analisados estatisticamente.
Nível 5 (Otimizado)	Cada processo cumpre todos os requisitos do nível 4 e é adaptado para cumprir os objetivos de negócio da organização. Possui foco na melhoria contínua de desempenho.

Fonte: Autores – com base em Koscianski & Soares, 2007

A representação por estágios é semelhante ao SW-CMM, e na representação contínua é possível selecionar a sequência de melhorias que convém aos objetivos dos negócios da empresa e que diminui riscos sendo esta, mais favorável para a migração de normas ISO 15504 para o modelo do CMMI. (Koscianski & Soares, 2007)

Silva, et al. (2014) apresentaram um modelo de referência de *Agile Quality Assurance* – AgileQA-RM, para ajudar organizações na implementação do controle de qualidade, que é composto por cinco níveis de maturidade e dezoito áreas de processos com finalidades obrigatórias, resultados esperados e produtos de trabalho informativos. Este modelo segundo os autores pode contribuir quanto à avaliação da situação atual sobre práticas ágeis de controle de qualidade e apoiar em sua melhoria.

Enríquez & Gómez (2015) propuseram um modelo de melhoria de processos pela capacitação dos engenheiros de software de pequenas empresas mexicanas, denominado *Modelo de Capacitación de Ambientes Ágiles bajo Moprosoft (CAAM)*, e considera em seus processos recomendações dadas pela norma de qualidade mexicana NMX-I-059-NYCE-2005 em seu primeiro nível. Esta norma é suportada pelo modelo de melhoria de processos de software denominado *Modelo de Procesos para la Industria de Software (Moprosoft)*.

Elnagar, Weistroffer & Thomas (2019), propuseram um modelo de maturidade voltado para a Indústria 4.0 (I4.0) e o nomeou *Agile Requirement Engineering Maturity Model for Industry 4.0 (ARE-MMI4.0)*, cuja base de estruturação foram os modelos já existentes *Business Process Maturity Model (BPMM)* e *Knowledge Management Capability Assessment (KMCA)* e o desenvolvimento do *framework* para aplicação baseado em três modelos de maturidade: *I4.0 Maturity Model*, *RE Maturity Measurement framework (REMMF)* e *Scaled Agile Framework SAFe*. O AREMMI4.0 é um modelo prescritivo que avalia os níveis de maturidade necessários para uma empresa antes e depois de desenvolver um projeto para a Indústria 4.0, sendo seu primeiro nível o mínimo necessário para desenvolvimento de um projeto voltado para a I.40.

Os modelos apresentados neste referencial foram os principais identificados dentre a amostra de artigos selecionada durante a bibliometria e não esgotam todas as possibilidades de modelos propostos.

Na próxima seção estão indicados os passos adotados para realização deste trabalho.

3. Metodologia

Para a realização deste estudo, foi adotada a abordagem qualitativa de análise sobre produção de artigos selecionados por meio de um levantamento bibliométrico para identificar como está sendo relacionado o tema Metodologias ágeis e Modelos de maturidade em desenvolvimento de software.

A abordagem qualitativa conforme Cauchick-Miguel (2018) dá ênfase na obtenção de informações sobre a perspectiva dos indivíduos e na interpretação do ambiente em que a problemática acontece.

A bibliometria segundo Lopes, et al. (2012) e Araújo (2006) é uma técnica de medição de índices de produção e disseminação do conhecimento, acompanhando o desenvolvimento de diversas áreas científicas e os padrões de autoria, publicação e uso dos resultados de investigação visando benefícios práticos imediatos para bibliotecas, bem como responder a questões sobre quais são as frentes de pesquisas de um campo levando em conta diferentes variáveis, pesquisadores, instituições ou temas; os padrões de comunicação entre seus pares; os tipos de canais preferidos e as parcerias; e, quais são as bases epistemológicas em que se fundamentam suas pesquisas: autores, títulos clássicos, línguas, países, datas (Araújo & Alvarenga, 2011).

A pesquisa bibliométrica conforme afirmam Lopes, et al. (2012) é realizada por meio de consultas a bases de dados que se apresentam como ferramentas muito úteis e podem fornecer pistas sobre a investigação de um tema.

Consultou-se as bases Web of Science, Scopus e Periódicos Capes em 06/08/2019, cujo algoritmo de busca foi “*maturity model*” AND “*agile methodology*”, sem filtro adicional, o que retornou pela Web of Science 43 artigos sendo 67,442% destes publicados de 2014 a 2019; na Scopus, 17 artigos, tendo 70,588% de publicações entre 2014 e 2019 e no portal de Periódicos Capes, 43 artigos revisados por pares totalizando 67,442% no mencionado período, conforme mostra a figura 1.

Figura 1 – Percentual de publicações entre 2014 e 2019 por base pesquisada

Web of Science: 43 artigos no total			Scopus: 17 artigos no total			Periódicos CAPES: 43 artigos no total		
Ano	Nr. Artigos	Percentual	Ano	Nr. Artigos	Percentual	Ano	Nr. Artigos	Percentual
2019	2	4,65%	2019	2	11,77%	2019	3	6,98%
2018	4	9,30%	2018	0	0,00%	2018	13	30,23%
2017	8	18,61%	2017	1	5,88%	2017	5	11,63%
2016	3	6,98%	2016	0	0,00%	2016	3	6,98%
2015	8	18,61%	2015	3	17,65%	2015	5	11,63%
2014	4	9,30%	2014	6	35,29%	2014	0	0,00%
Total:	29	67,44%	Total:	12	70,59%	Total:	29	67,44%

Fonte: Autores

Os resultados das três bases foram exportados para o *software* de análise bibliométrica EndNote num total de 103 artigos. Após exclusão de duplicidade restaram 91 artigos que foram lidos e selecionados pelo conteúdo do resumo, introdução e considerações finais para identificar relação com o tema proposto.

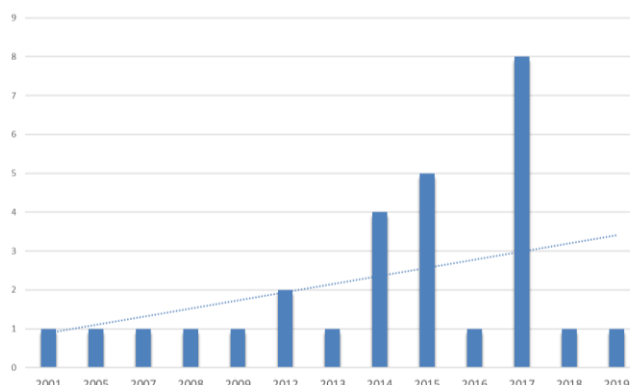
Destes 91 foram selecionados 28 artigos para compor a amostra que será tratada na seção de Resultados e Discussão com apresentação dos relacionamentos entre metodologias ágeis de desenvolvimento de software e modelos de maturidade identificados.

4. Resultados e Discussão

Após leitura dos campos de resumo, introdução e considerações finais dos 28 artigos doravante denominados amostra, chegou-se às análises que serão apresentadas nesta seção.

O assunto – associação entre modelos de maturidade e metodologias ágeis para desenvolvimento de software - tem sido estudado com maior ênfase a partir de 2014, conforme apresentado em seção anterior. A distribuição de quantidades de artigos da amostra publicados por ano apresenta-se na figura 2.

Figura 2 – Publicação da amostra selecionada por ano

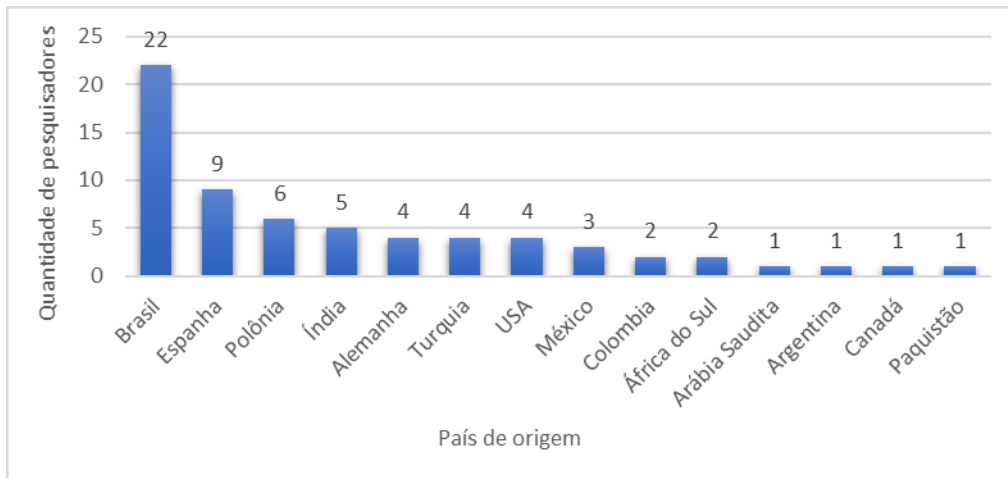


Fonte: Resultado da Pesquisa

Listando os países de origem dos autores dos artigos selecionados, notou-se que embora a maioria dos artigos estivesse em língua inglesa, existe uma forte preocupação dos

pesquisadores brasileiros, conforme figura 3, com relação ao estudo de modelos de maturidade em desenvolvimento de software com utilização de metodologias ágeis.

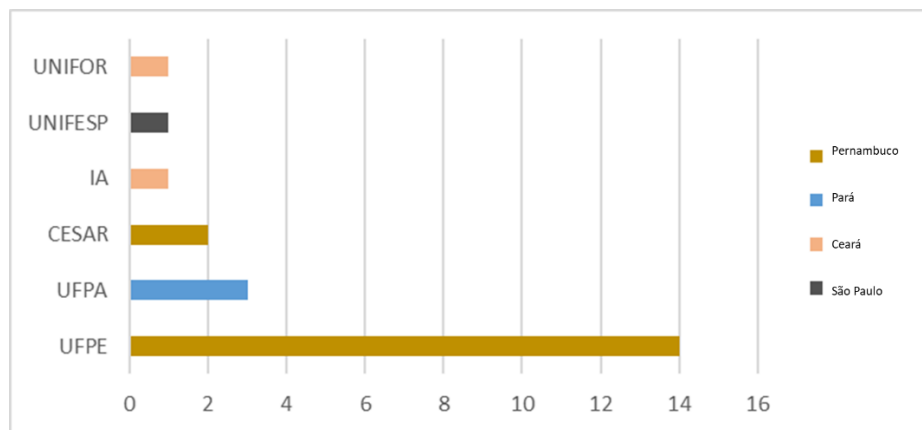
Figura 3 – Distribuição geográfica dos pesquisadores sobre o tema



Fonte: Autores

Analisando mais detalhadamente, como apresenta a figura 4, foi possível identificar que dos 22 pesquisadores brasileiros, a maior parte deles se concentra no nordeste do país, sendo 16 deles do estado de Pernambuco (UFPE e CESAR), 2 do Ceará (UNIFOR e IA), 3 do Pará (UFPA) e 1 de São Paulo (UNIFESP).

Figura 4 - Pesquisadores por Instituição do Brasil



Fonte: Autores

Foi feita a análise de repetição de palavras constantes nos 28 resumos traduzidos da amostra, chegando-se numa maior repetição da utilização do termo CMMI, conforme mostra a nuvem de palavras na figura 5 o que foi confirmado durante a tabulação dos dados referentes aos artigos constantes da amostra.

Figura 5 – nuvem de palavras dos resumos da amostra



Fonte: Autores

Analisando os objetivos dos artigos amostrados, identificou-se muito interesse dos pesquisadores em tentar convergir as duas modalidades de trabalho, sendo na maioria dos estudos a proposição de uso de metodologias ágeis como forma de atingir os níveis de maturidade propostos pelo CMMI. Nessa linha podem ser elencados os artigos de Paulk (2001) que apresenta um resumo do método Xtreme Programming e do SW-CMM, relaciona as práticas do XP ao cumprimento de metas do SW-CMM e mostra uma análise inversa, do XP com relação ao SW-CMM. Maller, Ochoa & Silva (2005) compartilharam a experiência de um centro de desenvolvimento de software na incorporação de métodos ágeis em contexto de CMM. Marçal, et al. (2007) e Marçal, et al. (2008) mapearam práticas CMMI e Scrum para auxiliar na adoção de metodologias ágeis em ambientes cujo processo são orientados em modelo CMMI e analisaram as lacunas entre as duas abordagens, indicando práticas complementares. Santana, et al. (2009) chamaram a atenção para os elementos relevantes desconsiderados ao mesclar Agile e CMMI, bem como apresentaram consequências da implementação desta metodologia incompleta. Lukasiewicz & Miler (2012) se ocuparam da complementação das práticas Scrum para deixá-las compatíveis com os níveis 2 e 3 do CMMI v. 1.2. Torrecillas-Salinas, Escalona & Mejías (2012) mapearam as práticas do Scrum com os objetivos do nível 2 do CMMI-DEV, a fim de avaliar a viabilidade de uma abordagem Scrum para atingir este nível de maturidade. Propuseram uma extensão do Scrum com um conjunto de técnicas ágeis para ajudar as organizações a alcançarem o nível de maturidade 2 do CMMI-DEV. Garzas & Paulk (2013), realizaram estudo de caso para avaliar como a utilização do framework Scrum pode ajudar na obtenção do nível 2 do CMMI-DEV; Torrecilla-Salinas, et al. (2014) propuseram um conjunto de métodos ágeis para atingir todos os objetivos genéricos e específicos do nível 3 de maturidade CMMI-DEV. Silva, et al. (2015) avaliaram, sintetizaram e apresentaram resultados sobre o uso do CMMI em combinação com o desenvolvimento de software ágil. Hayat (2015) tratou sobre a utilização de processos do

Scrum com infusão de práticas de processos do CMMI para melhoria do gerenciamento e da qualidade do software; Torrecillas-Salinas. et al. (2016) discutiram a viabilidade para uma organização que desenvolve sistemas da Web, atingir um certo nível de maturidade do modelo CMMI-DEV usando métodos ágeis.

Uma segunda vertente identificada foi a proposição de modelos para atingir maturidade de processos e em alguns casos focando a qualidade do produto: Carvalho, Chagas & Reis (2014) apresentaram uma abordagem para a modelagem conjunta do Scrum e do CMMI, tomando proveito dos benefícios do paradigma de LPS (linha de processo de software). Silva, et al. (2014) apresentaram um modelo de referência de garantia de qualidade ágil, denominado AgileQA-RM, para ajudar organizações na implementação de atividades de garantia de qualidade, considerando modelos de maturidade, práticas e valores ágeis. Peres, et al. (2014) apresentam um modelo de maturidade focado no primeiro nível, de acordo com CMMI, MPS.BR e ISO 18529 para integrar métodos ágeis e experiência do usuário no ciclo de desenvolvimento de software adequado para pequenas empresas. Enríquez & Gómez (2015) fez apresentação do CAAM - Modelo de Melhoria de Processo de Treinamento aplicável em pequenas empresas mexicanas para apoiar empresas orientadas para o desenvolvimento ágil na aplicação do modelo de melhoria de processo Moprosoft através do padrão de desenvolvimento mexicano NMXI-059-NYCE-2005. Peres & Meira (2015) propuseram um framework para integrar Scrum e práticas relacionadas ao design de experiência do usuário no ciclo de desenvolvimento de software, em associação com as práticas do CMMI e as dimensões propostas no modelo de maturidade para design de experiência do usuário recomendado pelo Human Factors Institute. Soares & Meira (2015) propuseram estratégia para implementar o gerenciamento ágil de projetos em empresas que buscam cumprir o CMMI de forma gradual e disciplinada. Gasca-Hurtado, Hincapie & Munoz (2017) descreveram uma ferramenta de software para realizar diagnóstico da organização com uso de multi-modelo de melhoria de processo e software, determinando o nível de maturidade dos processos. Rodriguez & Carreira (2017) indicaram o uso de modelos de maturidade no desenvolvimento de aplicações móveis perseguindo melhoria. Salmanoglu, et al. (2017) propuseram modelo de capacidade de medição com seu método de avaliação. Sreenivasan & Kothandaraman (2017) focaram na implementação do CMMI em uma organização que pratica a metodologia ágil pela utilização da abordagem SPEED. Srivastava, Bhardwaj & Saraswat (2017) objetivavam tornar o Scrum mais poderoso e independente com indicação de modelo aprimorado de Scrum. Hofmann, et al. (2018) apresentaram modelo para introduzir métodos ágeis passo-a-passo para equipes de desenvolvimento. Elnagar,

Weistroffer & Thomas (2019) propuseram estrutura abrangente de maturidade denominada Modelo de Maturidade de Engenharia de Requisitos ágil para Indústria 4.0 (ARE-MMI4.0) que fornece avaliação dos níveis mínimos de maturidade para iniciar um projeto para I4.0 e integra um modelo de maturidade da I4.0 com modelos de maturidade em engenharia de requisitos e ágil para garantir a avaliação final da maturidade dos processos de negócios.

5. Considerações finais

Considerando que o objetivo do presente artigo é identificar como vem sendo feita a associação de metodologias ágeis com modelos de maturidade, verificou-se que é um assunto de interesse das empresas e dos pesquisadores, com ênfase no período a partir de 2014.

Percebe-se que muitas pesquisas foram dedicadas à proposição de modelos para implementação de processos e busca de melhoria contínua no desenvolvimento de software utilizando metodologias ágeis.

Contudo, percebeu-se que em uma grande parte da amostra, muito se enfoca no uso de práticas do Scrum associados a gerenciamento de projetos e software e alinhamento de processos perseguindo o atingimento de níveis de maturidade propostos pelo CMMI.

Identificou-se que embora o foco seja desenvolvimento de software, alguns dos artigos estudados se dedicam ao treinamento e capacitação em métodos ágeis de construção de software e à atuação em experiência de usuário. Outro trabalho se ocupou em propor níveis de maturidade com utilização de conceitos e práticas ágeis para desenvolver projetos de inovação para a indústria 4.0.

Como proposta de trabalhos futuros percebe-se a possibilidade de identificação dos propósitos de aplicação real, selecionando dentre os modelos propostos o que mais se ajusta aos propósitos de uma organização e efetuar validação deste para apresentar visão mais objetiva da aplicabilidade das proposições.

Referências

Araújo, C. A. (2006). Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. *Em questão*, 12(1), 11-32.

Araújo, R. F., & Alvarenga, L. (2011). A bibliometria na pesquisa científica da pós-graduação brasileira de 1987 a 2007. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, 16(31), 51-70.

Barçante, L. C. (1998). *Qualidade total uma visão brasileira: o impacto estratégico na universidade e na empresa*. Campus.

Beck, K., Beedle, M., Bennekum, A. V., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., ... & Kern, J. (2001). Manifesto para desenvolvimento ágil de software. Acesso em 24 de agosto, em: <<http://agilemanifesto.org/iso/ptbr/manifesto.html>>.

Cauchick-Miguel (org.) (2018). *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. São Paulo, Elsevier: 2018.

de Carvalho, D. D., Chagas, L. F., & Reis, C. A. L. (2014, September). Definition of software process lines for integration of scrum and CMMI. In *2014 XL Latin American Computing Conference (CLEI)* (pp. 1-12). IEEE.

Conboy, K. (2009). Agility from first principles: Reconstructing the concept of agility in information systems development. *Information systems research*, 20(3), 329-354.

Elnagar, S., Weistroffer, H., & Thomas, M. (2018, October). Agile Requirement Engineering Maturity Framework for Industry 4.0. In *European, Mediterranean, and Middle Eastern Conference on Information Systems* (pp. 405-418). Springer, Cham.

Enriquez, C., & Gil, P. G. (2015). A model for improving training of software developers in small companies. *IEEE Latin America Transactions*, 13(5), 1453-1461.

Garzás, J., & Paulk, M. C. (2013). A case study of software process improvement with CMMI- DEV and Scrum in Spanish companies. *Journal of Software: Evolution and Process*, 25(12), 1325-1333.

Gasca-Hurtado, G. P., Hincapié, J. A., & Muñoz, M. (2017, June). Software process improvement assesment for multimodel environment tool to diagnose an organization.

In 2017 12th *Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1-6). IEEE.

Hayat, M., & Qureshi, M. (2016). Measuring the effect of cmmi quality standard on agile scrum model. *arXiv preprint arXiv:1610.03180*.

Hofmann, C., Lauber, S., Haefner, B., & Lanza, G. (2018). Development of an agile development method based on Kanban for distributed part-time teams and an introduction framework. *Procedia Manufacturing*, 23, 45-50.

Koscianski, A., & dos Santos Soares, M. (2007). Qualidade de Software-2ª Edição: Aprenda as metodologias e técnicas mais modernas para o desenvolvimento de software. *Novatec Editora*.

Lopes, S., Costa, M. T., Fernández-Llimós, F., Amante, M. J., & Lopes, P. F. (2012, October). A Bibliometria e a Avaliação da Produção Científica: indicadores e ferramentas. In *Actas do congresso Nacional de bibliotecários, arquivistas e documentalistas* (No. 11).

Łukasiewicz, K., & Miler, J. (2012). Improving agility and discipline of software development with the Scrum and CMMI. *IET software*, 6(5), 416-422.

Maller, P., Ochoa, C., & Silva, J. (2005). Lightening the software production process in a CMM level 5 framework. *IEEE Latin America Transactions*, 3(1), 15-22.

Marçal, A. S. C., Soares, F. S. F., & Belchior, A. D. (2007, March). Mapping CMMI project management process areas to SCRUM practices. In *31st IEEE Software Engineering Workshop (SEW 2007)* (pp. 13-22). IEEE.

Marçal, A. S. C., de Freitas, B. C. C., Soares, F. S. F., Furtado, M. E. S., Maciel, T. M., & Belchior, A. D. (2008). Blending Scrum practices and CMMI project management process areas. *Innovations in Systems and Software Engineering*, 4(1), 17-29.

Paulk, M. C. (2001). Extreme programming from a CMM perspective. *IEEE software*, 18(6), 19-26.

Peres, A. L., Da Silva, T. S., Silva, F. S., Soares, F. F., De Carvalho, C. R. M., & Meira, S. R. D. L. (2014, July). Agileux model: Towards a reference model on integrating ux in developing software using agile methodologies. In *2014 Agile Conference* (pp. 61-63). IEEE.

Peres, A. L., & Meira, S. L. (2015, June). Towards a framework that promotes integration between the UX design and SCRUM, aligned to CMMI. In *2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1-4). IEEE.

Rose, K. H. (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) - Fifth Edition. *Project management journal*, 44(3), e1-e1.

Rodríguez, N. H., & Carreira, M. R. (2017, June). Towards a usability maturity model in mobile application development. In *2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1-6). IEEE.

Salmanoğlu, M., Demirörs, O., Coşkunçay, A., & Yıldız, A. (2017, October). Exploration of a Practical Approach for Assessing the Measurement Capability of Software Organizations. In *International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination* (pp. 415-429). Springer, Cham.

Santana, C., Gusmão, C., Soares, L., Pinheiro, C., Maciel, T., Vasconcelos, A., & Rouiller, A. (2009, May). Agile software development and CMMI: What we do not know about dancing with elephants. In *International Conference on Agile Processes and Extreme Programming in Software Engineering* (pp. 124-129). Springer, Berlin, Heidelberg.

Silva, F. S., Soares, F. S. F., Peres, A. L., de Azevedo, I. M., Pinto, P. P., & de Lemos Meira, S. R. (2014, September). A reference model for agile quality assurance: combining agile methodologies and maturity models. In *2014 9th International Conference on the Quality of Information and Communications Technology* (pp. 139-144). IEEE.

Silva, F. S., Soares, F. S. F., Peres, A. L., de Azevedo, I. M., Vasconcelos, A. P. L., Kamei, F. K., & de Lemos Meira, S. R. (2015). Using CMMI together with agile software development: A systematic review. *Information and Software Technology*, 58, 20-43.

Soares, F. S. F., & de Lemos Meira, S. R. (2015, June). An agile strategy for implementing CMMI project management practices in software organizations. In *2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1-4). IEEE.

Sreenivasan, S., & Kothandaraman, K. (2017). Predictability with agility: Achieving excellence in software delivery through SPEED. *Global Business and Organizational Excellence*, 37(1), 6-15.

Srivastava, A., Bhardwaj, S., & Saraswat, S. (2017, May). SCRUM model for agile methodology. In *2017 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)* (pp. 864-869). IEEE.

Salinas, C. J., Escalona, M. J., & Mejías, M. (2012, December). A scrum-based approach to CMMI maturity level 2 in web development environments. In *Proceedings of the 14th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services* (pp. 282-285). ACM.

Torrecilla-Salinas, C. J., Sedeño, J., Escalona, M. J., & Mejías, M. (2014). Mapping agile practices to CMMI-DEV level 3 in web development environments.

Torrecilla-Salinas, C. J., Sedeño, J., Escalona, M. J., & Mejías, M. (2016). Agile, Web Engineering and Capability Maturity Model Integration: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 71, 92-107.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Klauren Godoi Araújo Camargo – 70%

Napoleão Verardi Galeale – 10%

Marília Macorin de Azevedo – 10%

José Manoel Souza das Neves – 10%