



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO
COORDENADORIA DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO DO CAMPUS ARACATI
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

WALLAS LIMA DA SILVA

PRIORIZAÇÃO DE ATIVIDADES NO CONTEXTO DO CMMI E
MÉTODOS ÁGEIS ESTRUTURADA EM ANÁLISE VERBAL DE
DECISÃO

ARACATI-CE
2017

Wallas Lima da Silva

PRIORIZAÇÃO DE ATIVIDADES NO CONTEXTO DO CMMI E MÉTODOS ÁGEIS ESTRUTURADA EM ANÁLISE VERBAL DE DECISÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenadoria de Ciência da Computação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Aracati como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Área de pesquisa: Engenharia de Software.

Orientadora: Msc. Francisca Raquel de V. Silveira

Aracati-CE
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586p Silva, Wallas Lima da.

Priorização de atividades no contexto do CMMI e métodos ágeis estruturada em análise verbal de decisão./ Wallas Lima da Silva. – Aracati: IFCE, 2017. 82f.:

Orientador: Profª. Msc. Francisca Raquel de Vasconcelos Silveira. Monografia (Graduação em Ciência da computação) – IFCE.

1. Engenharia de software. 2. Metodologias Ágeis. 3. CMMI. Análise Verbal de Decisão I. Título.

IFCE/BIBLIOTECA/ARACATI

CDD: 005.13



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
COORDENADORIA DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO DO CAMPUS ARACATI
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

WALLAS LIMA DA SILVA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do Grau de Bacharel em Ciência da Computação, sendo aprovado pela Coordenadoria de Ciência da Computação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Aracati e pela banca examinadora:

Prof. Francisca Raquel de V. Silveira

Prof. Msc. Francisca Raquel de V. Silveira
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Orientadora

Paulo Alberto Melo Barbosa

Prof. Msc. Paulo Alberto Melo Barbosa
Instituto Federal do Ceará - IFCE

Enyo José Tavares Gonçalves

Prof. Msc. Enyo José Tavares Gonçalves
Universidade Federal do Ceará - UFC

Aracati, 25 de Abril de 2017

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por uma vida cheia de oportunidades e sabedoria para alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, pela dedicação, incentivo e esforço para que nunca me faltasse nada.

A minha orientadora, Prof. Raquel Silveira pelo grande incentivo, disponibilidade e apoio na realização deste trabalho, agradeço também pelo conhecimento e as oportunidades ao longo do curso, sendo sempre um exemplo de determinação e sabedoria.

Ao IFCE e seus professores do curso de Ciência da Computação, pela motivação, orientação e conhecimentos compartilhados durante todos esses anos.

Aos professores Enyo Gonçalves e Paulo Alberto, pela disponibilidade e colaboração neste trabalho.

Por fim, agradeço a todos os amigos, pelos bons momentos e por estarem sempre presentes.

Dedico este trabalho à minha família, em especial a meus pais e minha irmã.

Resumo

A realização de projetos com sucesso na área de engenharia de software deriva das aplicações adotadas durante sua execução. Com uma forte tendência ao desenvolvimento ágil, muitas empresas aderem a técnicas com intuito de aumentar sua produtividade, adicionando algumas vezes em seus processos as bases de qualidade demonstradas no modelo CMMI (Capability Maturity Model Integration). Porém, muitas vezes em decorrência do comprometimento de recursos, tal como o tempo, se torna necessário para essas empresas identificar quais atividades precisam ser priorizadas. Desta forma, em conjunto com os métodos da Análise Verbal de Decisão, este trabalho, colabora na identificação da prioridade dessas atividades, auxiliando os gestores dessas empresas a atender os resultados desejados, apoiando, assim, no sucesso de seus projetos. Como análise, realizou-se um levantamento e verificação de dados reais em empresas de desenvolvimento de software que utilizam metodologia ágil e adotam o CMMI, aplicando as técnicas de apoio a decisão e identificando qual a prioridade das atividades ligadas ao processo de desenvolvimento, em paralelo a produtividade e a qualidade do software.

Palavras-chave: Engenharia de Software. Metodologias Ágeis. CMMI. Análise Verbal de Decisão.

Abstract

The successful implementation of projects in the area of software engineering derives from the applications adopted during their execution. With a strong tendency towards agile development, many companies adhere to techniques designed to increase productivity, occasionally adding into their processes the bases of quality demonstrated in the CMMI model (Capability Maturity Model Integration). However, often due to limits of resources, such as time, it becomes necessary for these companies identify which activities need to be prioritized. Thus, in conjunction with the Verbal Decision Analysis methods, this work contributes to identifying priority activities, helping the managers of these companies gain the desired results, thereby supporting the success of their projects. As analysis, real data were collected and verification in software development companies that use agile methodology and adopt the CMMI, applying decision support techniques and identifying priority activities related to the development process, in parallel to productivity and software quality.

Keywords: Software Engineering. Agile Methodologies. CMMI. Verbal Decision Analysis.

Sumário

1	Introdução	15
1.1	Motivação	16
1.2	Objetivos e Contribuições	17
1.3	Organização do Trabalho	17
2	Fundamentação Teórica	18
2.1	Análise Verbal de Decisão	18
2.1.1	ZAPROS	20
2.1.2	ZAPROS III	21
2.2	CMMI	23
2.2.1	Representação Contínua e por Estágios	25
2.2.2	Áreas de Processo	28
2.2.3	Aplicações do CMMI no Mundo	29
2.3	Metodologias Ágeis	31
2.3.1	Scrum	33
2.3.2	XP	36
2.3.3	Crystal	39
2.4	CMMI no Contexto de Metodologias Ágeis	40
2.4.1	Qualidade de Software e Metodologias Ágeis	40
2.4.2	Dificuldades e Vantagens da Aplicação do CMMI com Métodos Ágeis	43
2.5	Trabalhos Relacionados	44
3	Avaliação da Proposta	46
3.1	Visão Geral	46
3.1.1	Elaboração	47
3.1.2	Coleta de Dados e Desenvolvimento dos Questionários	47
3.1.3	Empresas Pesquisadas	48
3.2	Análise Inicial	49
3.3	Aplicação do Método ZAPROS III	54
3.3.1	Definição dos Critérios e Seus Valores	55

3.3.2 Elicitação de Preferências	59
3.4 Resultados e Discussão	61
4 Conclusões e Trabalhos Futuros	65
Referências	67
Apêndices	71
Anexos	79

Lista de figuras

Figura 1 – Número de Avaliações do CMMI por Ano [Adaptada (CMMI, 2016)] .	30
Figura 2 – Etapas do Scrum	37
Figura 3 – Avaliação Referente a Adoção dos Métodos Ágeis: Conjunto de Quesitos I	52
Figura 4 – Avaliação Referente a Adoção dos Métodos Ágeis: Conjunto de Quesitos II	53
Figura 5 – Representação de Preferências I	60
Figura 6 – Representação de Preferências II	61
Figura 7 – Resultados das Preferências I	62
Figura 8 – Resultados das Preferências II	63

Lista de tabelas

Tabela 1 – Exemplo de Critérios e Valores no ZAPROS III	22
Tabela 2 – Comparação entre os Níveis de Capacidade e Maturidade [Fonte: (SEI, 2010)]	25
Tabela 3 – Áreas de Processo e suas Categorias [Adaptada (SEI, 2010)]	28
Tabela 4 – Áreas de Processo do CMMI na Representação por Estágios [Fonte: (SEI, 2010)]	29
Tabela 5 – Quantidade de Empresas no Brasil entre 2011 a 2013 com Níveis de Maturidade do CMMI	31
Tabela 6 – Quantidade de Empresas no Brasil entre 2014 a 2016 com Níveis de Maturidade do CMMI	31
Tabela 7 – Comparação entre o Trabalho Proposto e os Trabalhos Relacionados	45
Tabela 8 – Características das Empresas Pesquisadas	52
Tabela 9 – Definição dos Critérios e Valores I	56
Tabela 10 – Definição dos Critérios e Valores II	58
Tabela 11 – Relação de Metas e Práticas Específicas da Área de Processo (PP) [Fonte: (SEI, 2010)]	80
Tabela 12 – Relação de Metas e Práticas Específicas da Área de Processo (PPQA) [Fonte: (SEI, 2010)]	81
Tabela 13 – Relação de Metas e Práticas Específicas da Área de Processo (RD) [Fonte: (SEI, 2010)]	81
Tabela 14 – Relação de Metas e Práticas Específicas da Área de Processo (OPF) [Fonte: (SEI, 2010)]	81
Tabela 15 – Relação de Metas e Práticas Específicas da Área de Processo (QPM) [Fonte: (SEI, 2010)]	82
Tabela 16 – Relação de Metas e Práticas Específicas da Área de Processo (CAR) [Fonte: (SEI, 2010)]	82

Lista de abreviaturas e siglas

AVD	Análise Verbal de Decisões (Verbal Decision Analysis)
CAR	Análise e Resolução de Causas (Causal Analysis and Resolution)
CM	Gerência de Configuração (Configuration Management)
CMM	Capability Maturity Model
CMMI	Capability Maturity Model Integration
DAR	Análise de Decisão e Resolução (Decision Analysis and Resolution)
FIQ	Índice Formal de Qualidade
IPM	Gerenciamento Integrado de Projeto (Integrated Project Management)
ISO	International Organization for Standardization
MA	Medição e Análise (Measurement and Analysis)
MAUT	Teoria da Utilidade Multiatributo (Multiattribute Utility Theory)
MPS.BR	Melhoria de Processo do Software Brasileiro
OPD	Definição de Processo Organizacional (Organizational Process Definition)
OPF	Foco de Processo Organizacional (Organizational Process Focus)
OPM	Gestão de Processo Organizacional (Organizational Process Management)
OPP	Desempenho de Processo Organizacional (Organizational Process Performance)
OT	Treinamento Organizacional (Organizational Training)
PDCA	Plan-Do-Check-Adjust
PI	Integração de Produto (Product Integration)

PMC	Acompanhamento e Controle de Projeto (Project Monitoring and Control)
PP	Planejamento de Projeto (Project Planning)
PPQA	Garantia da Qualidade de Processo e Produto (Process and Product Quality Assurance)
QPM	Gerenciamento Quantitativo de Projeto (Quantitative Project Management)
QV	Variações de Qualidade
RD	Desenvolvimento de Requisitos (Requirements Development)
REQM	Gerenciamento de Requisitos (Requirements Management)
RSKM	Gerenciamento de Riscos (Risk Management)
SAM	Gerenciamento de Acordo com Fornecedor (Supplier Agreement Management)
SEI	Software Engineering Institute
SPI	Software Process Improvement
TS	Solução Técnica (Technical Solution)
VAL	Validação (Validation)
VER	Verificação (Verification)
XP	eXtreming Programing

INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, a Engenharia de Software inspirou-se em processos de manufatura para a consolidação de seus métodos de trabalho. Surgindo por volta de 1970, em uma tentativa de contornar a crise do software e melhorar o desenvolvimento de sistemas, na época buscando em setores emergentes da indústria grande parte das teorias e dos métodos de produção. Em especial, o campo automobilístico, em ampla ascensão industrial, teve importante papel para a constituição da nova indústria de Tecnologia da Informação (TI) ([PRIKLADNICKI; WILLI; MILANI, 2014](#)).

No final dos anos 90, começaram a surgir processos alternativos de desenvolvimento de software como o Scrum, eXtreme Programming (XP), Crystal, dentre outros, em resposta aos processos tradicionais, considerados lentos e burocráticos. Essas metodologias só passaram a ser chamadas de ágeis após 2001, quando um grupo de 17 especialistas se reuniu nos Estados Unidos para discutir maneiras de desenvolver softwares de uma forma mais leve, rápida e centrada em pessoas. Assim, nasce o Manifesto Ágil, contendo valores e princípios para estas metodologias ([PRIKLADNICKI; WILLI; MILANI, 2014](#)). Posteriormente, em meados de 2014, foi formada a *Agile Alliance*, uma organização sem fins lucrativos comprometida com o avanço dos princípios e práticas de desenvolvimento ágil.

Apesar do mercado de software estar cada vez mais competitivo, ainda ocorrem problemas quanto aos processos de desenvolvimento, como pode ser visto nos casos dos padrões de qualidade e de produtividade, que necessitam de um nível aceitável ao final do projeto.

Isso é o que pode ser analisado de acordo com o estudo Chaos Report-Q&A, realizado anualmente pela empresa Standish Group localizada em Massachusetts nos EUA, no qual corresponde a um instantâneo estado da indústria de desenvolvimento de software. Em 2015, com uma pesquisa realizada em 50.000 projetos de todo o mundo, os resultados mostraram que somente 29% dos projetos obtiveram sucesso, quando se foi avaliado o prazo, o orçamento e os resultados satisfatórios ([HASTIE; WOJEWODA, 2015](#)).

A pesquisa mostra também que assim como nos anos anteriores, os projetos menores têm uma probabilidade de maior sucesso do que os projetos maiores. Mas

referente a utilização dos métodos ágeis, os resultados mostram que independentemente do tamanho do projeto, esta utilização se resulta em número maior de projetos bem sucedidos e com menos falhas, ao contrário do que é mostrado quando não se emprega esses métodos.

Segundo o *Software Engineering Institute* (SEI), centro de pesquisa e desenvolvimento que qualifica a qualidade de software, no que se refere a qualidade de processos ao longo dos últimos anos, as organizações vêm aderindo aos modelos de qualidade focados na maturidade do processo de software, tais como *SW-Capability Maturity Model for Software* (CMM) e, o seu substituto, o *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) (SEI, 2010). Tais modelos reúnem melhores práticas que endereçam atividades de desenvolvimento e manutenção, cobrindo todo o ciclo de vida do produto, desde a sua concepção até a sua entrega e manutenção. Neste trabalho utilizamos o CMMI para estudo da qualidade, pois este provê práticas necessárias integradas por distintos modelos e disciplinas existentes.

Por outro lado, no que se refere à produtividade, as metodologias ágeis são parte fundamental do gerenciamento de projetos e, por isso, tornaram-se cada vez mais populares entre as empresas, pois muitas possuem como objetivo entregar produtos de alta qualidade em menor tempo e com o mínimo de documentação. Porém, na maioria das vezes, não se torna viável para essas empresas a aplicação de todas as características e as atividades da metodologia ágil escolhida.

Assim, a Análise Verbal de Decisão (AVD), que contém métodos baseados nas descrições verbais de problemas decisórios (GOMES, 2007), é utilizada neste trabalho, para auxiliar na seleção de quais atividades devem ser priorizadas pelas empresas pesquisadas, no que se refere ao desenvolvimento de software em termos de qualidade e produtividade.

1.1 Motivação

Diversas empresas de desenvolvimento de software, utilizam o CMMI e as metodologias ágeis, para proporcionar a qualidade e a produtividade em seus projetos. Porém, muitas vezes em decorrência de fatores como o tempo, se torna fundamental para estas empresas identificar quais atividades precisam ser realizadas.

Portanto, a motivação deste trabalho está, centrada na dificuldade destas empresas, em identificar quais atividades devem ser priorizadas ao longo de um projeto. Desta forma, este trabalho, contribui na definição da prioridade dessas atividades, quando se pensa em qualidade e produtividade paralelamente.

1.2 Objetivos e Contribuições

O objetivo deste trabalho consiste na priorização de atividades com o auxílio da Análise Verbal de Decisão em empresas que utilizam metodologias ágeis e CMMI, com a finalidade de colaborar na tomada de decisão, identificando quais atividades devem ser priorizadas por estas empresas, conforme as preferências de seus gestores.

As contribuições do trabalho são:

- Análise em empresas na área de desenvolvimento de software;
- Aplicação de Análise Verbal de Decisão na priorização de atividades em projetos de software;
- Análise das atividades realizadas por empresas com metodologia ágil e CMMI.

1.3 Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado em 4 capítulos, conforme descrito abaixo:

Capítulo 2: Apresenta a fundamentação teórica referente aos métodos de Análise Verbal de Decisão, o método CMMI e as principais Metodologias Ágeis. Há também uma contextualização sobre qualidade de software com CMMI e Métodos Ágeis, destacando suas dificuldades e vantagens. Ao final são apresentados trabalhos relacionados referentes ao tema abordado.

Capítulo 3: Neste capítulo é apresentado o processo de análise, incluindo todos os instrumentos de coleta de dados, estudo dos dados e explanação dos resultados encontrados.

Capítulo 4: O capítulo final compreende as considerações finais do trabalho e as perspectivas dos trabalhos futuros.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo destina-se a contextualizar os fundamentos abordados neste trabalho. Inicialmente são apresentados na seção 2.1 os conceitos e princípios da Análise Verbal de Decisão, destacando os métodos ZAPROS e seu sucessor ZAPROS III.

O CMMI é contextualizado na seção 2.2 com um histórico desde o seu surgimento. São apresentadas as representações do CMMI, além de uma abordagem em suas áreas de processo. A aplicação crescente do CMMI no mundo também é destacada, fundamentando a importância deste modelo de referência.

As Metodologias Ágeis Scrum, XP e Crystal são conceituadas individualmente na seção 2.3. Há uma descrição de seus fluxos de processos, regras, valores e etapas de desenvolvimento de software. O enfoque nesta seção é abordar os conceitos e características das metodologias ágeis utilizadas neste trabalho.

O CMMI no Contexto de Metodologias Ágeis é apresentado na seção 2.4, com conceitos de qualidade de software referentes a adoção dos métodos ágeis pelas organizações. As dificuldades e as vantagens da aplicação do CMMI com os métodos ágeis são explanados com base em estudos e pesquisas da área.

Ao final, os trabalhos relacionados são descritos na seção 2.5, com o propósito de identificar pesquisas existentes no contexto de CMMI e métodos ágeis, associados aos métodos de Análise Verbal de Decisão.

2.1 Análise Verbal de Decisão

Diariamente com inúmeros problemas, metas e desafios, as organizações por meio de seus gestores, procuram de certa forma tomar decisões adequadas que atendam os resultados e atinjam os objetivos, garantindo o sucesso dos projetos e da organização.

O processo de decisão é o que leva direta ou indiretamente à escolha de, ao menos, uma dentre diferentes alternativas, todas elas candidatas a resolver determinado problema (GOMES, 2007). Portanto, a atividade de tomada de decisão se torna

algo de extrema importância para nossa vida pessoal e para as organizações.

Os primeiros métodos de apoio multicritério à decisão surgiram por volta da década de 70, devido a demanda de processos decisório que necessitavam de métodos capazes de lidar com situações específicas, como: múltiplos objetivos simultâneos; múltiplas alternativas; critérios de resolução conflitantes, entre outros (GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2004).

Segundo (LOOTSMA, 2007), estes métodos multicritério de decisão foram desenvolvidos com o intuito de auxiliar o decisor a lidar com diversos critérios em problemas que possuem os objetivo de:

- (I) Chegar à uma recomendação efetiva de qual a melhor alternativa decisória dentre várias alternativas;
- (II) Classificar as alternativas em um pequeno número de categorias;
- (III) Estabelecer um *ranking* de alternativas a partir de alguma ordem de preferência.

Os principais métodos de decisão multicritério criados para atender estes objetivos são (GOMES, 2007):

- Métodos Electre;
- Teoria da Utilidade Multiatributo (ou MAUT);
- Análise Verbal de Decisões;
- Método de Análise Hierárquica (ou AHP), entre outros.

O método Análise Verbal de Decisão (AVD), do inglês *Verbal Decision Analysis*, utilizado neste trabalho, teve origem nos trabalhos do pesquisador russo Oleg Larichev, um dos primeiros no estudo dos métodos multicritério de apoio à decisão (GRECO; FIGUEIRA; EHRGOTT, 2005).

Essa análise é baseada nos mesmos princípios da Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT), outro método do apoio à decisão, sendo a principal diferença que ao invés de critérios expressos em números como a MAUT, a AVD segue a utilização de elementos verbais para extração de preferências e avaliação de alternativas decisórias (RODRIGUES; GOMES; LUCAS, 2012). Para (MOSHKOVICH; MECHITOV; OLSON, 2002) a principal característica da Análise Verbal de Decisão é não desprezar a influência das pessoas que não possuem habilidade com números, no julgamento e processamento de informações em situações decisórias.

Com um conjunto de métodos, a AVD se fundamenta na descrição verbal de problemas, consolidando que o processo de tomada de decisão parte da premissa de

que o reconhecimento da maior parte dos problemas decisórios pode ser descrito de forma verbal (LARICHEV; MOSHKOVICH, 2013).

Além do método ZAPROS e seu sucessor o Zapros III, método selecionado para aplicação neste trabalho, destacam-se os seguintes métodos de análise verbal de decisão:

Método ORCLASS – *Ordinal Classification*, método multicritério para a classificação de alternativas multiatributo;

Método PACON – *Paired Compensation*, método multicritério para a seleção da melhor alternativa;

2.1.1 ZAPROS

O método multicritério ZAPROS pertence a metodologia Análise Verbal de Decisão. Tem como ponto de vista principal, o reconhecimento de que a maior parte dos problemas decisórios pode ser descrita de forma verbal. Assim, a partir dessa representação verbal, essa metodologia pode apoiar o processo de tomada de decisão (LARICHEV; MOSHKOVICH, 2013).

A primeira versão do método ZAPROS foi publicada em 1978 no "*Method ZAPROS for Analysis of Variants of Complex Decisions*" (LARICHEV; ZUEV; GNE-DENKO, 1978). O método ZAPROS foi desenvolvido com o objetivo de se estabelecer um *ranking* de alternativas multicritério, ou seja, ordenar alternativas multicritério a partir de critérios verbais, no qual existem muitas alternativas para avaliação (PINHEIRO et al., 2006).

O ZAPROS se diferencia dos outros métodos de análise verbal de decisão, como o ORCLASS e PACOM, citados anteriormente, principalmente pela sua aplicabilidade. O ZAPROS aplica sequências lógicas, implementadas através de padrões e regras que quando organizadas, ordenadas e sequenciadas, permitem escolhas em ambientes complexos (LARICHEV; MOSHKOVICH, 1995). Sendo preferencialmente utilizado em situações nas quais as descrições de problemas e regras para interpretação se tornam mais fácil de serem compreendidos e aplicados quando desenvolvidos de forma verbal.

Desta forma, o método ZAPROS é aplicado em problemas que possuem as seguintes características (LARICHEV, 2001):

- (i) A regra de decisão se desenvolve na forma de alternativas;
- (ii) Há um grande número de alternativas;
- (iii) As avaliações de alternativas com base nos critérios apenas podem ser estabelecidas por seres humanos, ao invés de dispositivos que realizem medições;

(iv) Os graus de qualidade nas escalas de critérios são definições verbais que representam valores subjetivos do tomador de decisão.

Outras versões do ZAPROS foram desenvolvidas posteriormente a partir de suas ideias originais, como o "ZAPROS-LM – A Method and System for Rank-Ordering of Multiattribute Alternative" (LARICHEV; MOSHKOVICH, 1995). Esse último, uma abreviação de palavras em russo, com o significado de "metodologias fechadas próximas a situações de referência", seguido das iniciais dos pesquisadores, Larichev e Moshkovich.

Posteriormente o ZAPROS III foi desenvolvido no trabalho "Ranking multicriteria alternatives: The method ZAPROS III", este com uma nova versão no suporte a AVD, baseado nos semelhantes procedimentos de seus anteriores na tomada de decisão (LARICHEV, 2001). Neste trabalho é aplicado o método ZAPROS III, por se tratar de um método flexível, que permite a inserção de novos critérios sem a necessidade de se remodelar o problema.

2.1.2 ZAPROS III

O método ZAPROS III se constitui em uma versão do método ZAPROS, embora este método aplique um procedimento similar para induzir as preferências, o número de alternativas que são incomparáveis é menor do que seu anterior ZAPROS-LM (TAMANINI, 2010).

O ZAPROS III utiliza a mesma forma de elicitação de preferências da primeira versão do método, mas apresenta inovações relacionadas aos seguintes aspectos (LARICHEV, 2001):

- (i) O procedimento para construção da escala ordinal das variações de qualidade, juntamente com as das escalas de critérios, é mais simples e transparente;
- (ii) Há uma nova justificativa para o procedimento de comparações de alternativas, baseado em validações cognitivas;
- (iii) O método proporciona tanto uma classificação absoluta quanto relativa das alternativas.

Além disso, este método considera valores conhecidos como Variações de Qualidade (QV) e Índice Formal de Qualidade (FIQ). No qual o QV é um valor que representa as avaliações de dois critérios e o FIQ o índice que tem como objetivo principal minimizar a quantidade de pares de alternativas a serem comparadas (TAMANINI, 2010).

Para se aplicar o método ZAPROS III, destaca-se uma sequência de fases, estas resumidas abaixo, porém todo o método é descrito no trabalho "Ranking multi-

criteria alternatives: The method ZAPROS III” (LARICHEV, 2001), como mencionado anteriormente.

Declaração Formal do Problema

Primeiro acontece a definição do problema e de seus critérios relacionados à tomada de decisão. A definição desses critérios permite a comparação de alternativas segundo um ponto de vista.

Como mostrado no exemplo da tabela abaixo, os valores de critério são dados em uma escala do valor mais preferível ao menos preferível.

Tabela 1: Exemplo de Critérios e Valores no ZAPROS III

Critérios	Valores
A. Originalidade	A1. Alta
	A2. Média
	A3. Baixa
B. Qualificação	B1. Alta Qualificação
	B2. Moderada Qualificação
	B3. Qualificação Desconhecida
C. Perspectiva	C1. Alta Probabilidade de Sucesso
	C2. Bastante Provável
	C3. Dificilmente Provável

Elicitação das Preferências do Decisor

Com os critérios e valores definidos, acontece a classificação das alternativas conforme as preferências do decisor, para isso as variações de qualidade (*Quality Variation – QV*) para os critérios são estabelecidas e apresentadas de forma gradual, da maior a menor preferência.

A definição das preferências são tomadas consistindo nas comparações em pares de todas as QV de dois critérios, com base nas respostas possíveis de preferência a um dos itens ou a equivalência das opções.

As respostas permitem a criação do *ranking* de todos os QV das escalas, este é denominado de *Joint Scale of Quality Variation (JSQV)* para dois critérios.

A partir do JSQV assume-se que existe uma alternativa ideal do ponto de vista do decisor. Essa alternativa apresentaria os melhores valores de variações de qualidade em cada critério.

Comparações de Alternativas:

Para se obter a classificação das alternativas em um *ranking* dado um grupo de alternativas, a elaboração da ordem dessas alternativas segue três passos:

- Definição do FIQ

Um índice formal da qualidade (*Formal Index Quality - FIQ*) é introduzido para minimizar o número de comparações alternativas necessárias para o *ranking* parcial de alternativas.

Para cada alternativa é possível fazer a soma dos valores de *ranking* correspondente das QV dos seus componentes. Assim, a melhor alternativa sempre possui um FIQ menor.

- Procedimento de Comparações em Pares

Os procedimento de comparação são:

- (i) As alternativas são listadas segundo a ordem dos seus FIQ;
- (ii) De acordo com essa ordenação, são iniciadas as comparações de pares de alternativas pelas alternativas com menores FIQs;
- (iii) Dada três alternativas com FIQ crescentes, se na comparação em pares for concluído que: $Alt\ i > Alt\ j > Alt\ k$, então pela definição JSQV tem-se que $Alt\ i > Alt\ k$. Se $Alt\ j$ e $Alt\ k$ são incomparáveis, então $Alt\ i$ deve ser comparada com ambas alternativas.

- Seleção do Item Não Dominante

De acordo com os resultados das comparações de pares de alternativas, o *ranking* é elaborado atribuindo para a alternativa com menor FIQ o rank 1. Uma alternativa é classificada com rank i se ela é dominada pela alternativa de rank $(i-1)$, e está dominada por uma de rank $(i+1)$. Por fim, o método ZAPROS III resulta uma ordenação quantitativa de preferência.

2.2 CMMI

O *Capability Maturity Model* (CMM) é um modelo para avaliação e melhoria dos processos de software. Foi desenvolvido na década de 1980, pelo *Software Engineering Institute* (SEI) e o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DOD). Este modelo possui uma estrutura *Software Process Improvement* (SPI), que tem por finalidade, transformar a abordagem existente para o desenvolvimento de software, em algo mais focado, com melhor repetibilidade e mais confiabilidade em termos de qualidade de produto e prazo de entrega (PRESSMAN, 2011).

Após 1991, foram elaborados CMMs para vários setores, como a Engenharia e Aquisição de Software, Engenharia de Sistemas, Desenvolvimento Integrado do Processo e do Produto. Porém, com vários modelos, a utilização se tornou algo problemático, mesmo com seus benefícios alcançados (TEAM, 2002).

Assim, surgiu o *Capability Maturity Model Integration* (CMMI), com o objetivo de resolver essa problemática, fundamentando-se em um metamodelo de processo abrangente. Este modelo é qualificado em uma série de capacidades de sistema e engenharia de software, que devem estar presentes à medida que as organizações alcançam diferentes níveis de capacidade e maturidade de processo (PRESSMAN, 2011).

O CMMI (SEI, 2010) consiste em uma abordagem de melhoria de processos que provê elementos fundamentais para um processo efetivo, agrupando melhores práticas que endereçam atividades de desenvolvimento e manutenção, cobrindo todo o ciclo de vida do projeto, desde a sua concepção até a sua entrega e manutenção.

A primeira versão do CMMI foi lançada no ano 2000, projetada para o uso em organizações de desenvolvimento. A versão 1.1 foi lançada em 2002, após quatro anos foi lançada a versão 1.2 (CMMI-DEV), focalizado aos processos de desenvolvimento de produtos e serviços (TEAM, 2002) (TEAM, 2006).

Em 2007, foi lançado a versão (CMMI-ACQ) voltado aos processos de aquisição de bens e serviços. Em 2009, lançado o CMMI para serviços (CMMI-SVC) orientado aos processos de empresas que prestam algum serviço. A versão atual CMMI 1.3 foi lançada em 2010 expondo os três modelos: CMMI-DEV para desenvolvimento, CMMI-AQC para aquisição e CMMI-SEV para serviços (SEI, 2010).

Em suas pesquisas para auxiliar organizações a desenvolver e manter produtos e serviços com qualidade, o SEI encontrou várias dimensões em que uma organização pode focar esforços para melhorar seus negócios. Dentre elas: (i) Pessoas; (ii) Procedimentos e Métodos; e (iii) Ferramentas e Equipamentos (PRESSMAN, 2011).

Além destas dimensões, o CMMI é composto por áreas de processo (subseção 2.2.2) cuja finalidade é agrupar um conjunto de práticas que, quando realizadas, satisfazem a um conjunto de metas consideradas importantes para realizar melhorias significativas naquela área (SEI, 2010).

Segundo a definição, o CMM permite que a comunidade desenvolva modelos que apoiem diferentes abordagens para a melhoria de processo. Desde que este modelo contenha os elementos essenciais de processos efetivos para uma ou mais disciplinas e descreva um caminho de melhoria evolutiva desde processos imaturos, ad hoc, até processos maduros, disciplinados, com qualidade e eficácia melhoradas. Desta forma, o CMMI possibilita abordar melhoria e avaliação dos processos utilizando duas representações: a contínua e a por estágios (SEI, 2010).

2.2.1 Representação Contínua e por Estágios

Cada representação organiza as áreas de processo de forma diferente, sendo que a representação contínua agrupa as áreas de processo em categorias de afinidade, com atribuição de níveis de capacidade para a melhoria de seus processos. Já a representação em estágios, organiza as áreas de processos em cinco níveis de maturidade para guiar a melhoria dos processos. As representações se tornam assim, diferentes formas das organizações optarem por melhorias nos processos de acordo com seu interesse pretendido (SEI, 2010).

A Tabela 2 compara os quatro níveis de capacidade com os cinco níveis de maturidade. Um destaque para as diferenças existentes nos níveis entre as representações contínua e por estágios, no qual não há nível de maturidade 0 e não existem níveis de capacidade 4 e 5 (SEI, 2010).

Tabela 2: Comparação entre os Níveis de Capacidade e Maturidade [Fonte: (SEI, 2010)]

Nível	Representação Contínua Níveis de Capacidade	Representação por Estágios Níveis de Maturidade
Nível 0	Incompleto (Ad-hoc)	-
Nível 1	Executado	Inicial (Ad-hoc)
Nível 2	Gerenciado	Gerenciado
Nível 3	Definido	Definido
Nível 4	-	Controlado Quantitativamente
Nível 5	-	Em Otimização

Um modelo, seja ele de capacidade no caso da representação contínua ou de maturidade na representação por estágios tem como objetivo, estabelecer com base em pesquisas, históricos e conhecimentos operacionais, um conjunto de melhores práticas que podem ser utilizadas para um fim específico, composto pelas seguintes características (JR, 2010):

- Ser mais abrangente, englobando diversas disciplinas em um único modelo, com uma única estrutura, metodologia comum e nomenclatura padrão.
- Poder ser utilizado no desenvolvimento de produtos, serviços e manutenção.
- Reunir melhores práticas de outros modelos.

Representação Contínua

A representação contínua possibilita que a empresa utilize a ordem de melhoria que melhor atende seus objetivos de negócio, ou seja, oferece uma maior flexibilidade na utilização, pois esta representação permite que uma organização melhore

processos em diferentes níveis, variando conforme a sua finalidade (PRESSMAN, 2011).

Um nível de capacidade para uma área de processo é alcançado quando todos os objetivos genéricos são satisfeitos até esse nível. Os quatro níveis de capacidade são descritos abaixo:

- **Nível 0: Incompleto (*Ad-hoc*)** – Um processo incompleto é um processo que não é executado ou parcialmente executado. Um ou mais dos objetivos específicos da área de processo não são satisfeitos e não existem metas genéricas para este nível, uma vez que não há razão para institucionalizar um processo parcialmente realizado (SEI, 2010).
- **Nível 1: Executado** – Um processo de nível de capacidade 1 é caracterizado como um processo realizado. Um processo realizado é um processo que realiza o trabalho necessário para produzir produtos de trabalho e os objetivos específicos da área de processo são satisfeitos. Apesar de que nível de capacidade 1 resulte em melhorias importantes, essas melhorias podem ser perdidas ao longo do tempo se não forem estabelecidas (SEI, 2010).
- **Nível 2: Gerenciado** – Um processo de nível de capacidade 2 é caracterizado como um processo gerenciado. Um processo gerenciado é um processo executado que é planejado e executado de acordo com a política, ou seja, empregando pessoas qualificadas com recursos adequados para produzir produtos controlados, envolvendo as partes interessadas relevantes, monitorando, controlando e revisando, e por fim validando quanto à aderência à sua descrição do processo (SEI, 2010).
- **Nível 3: Definido** – O processo de nível de capacidade 3 é caracterizado como um processo definido. Um processo definido é um processo gerenciado que é adaptado do conjunto de processos padrão da organização de acordo com as diretrizes de adaptação da organização. Possui uma descrição de processo mantida e contribui com experiências relacionadas ao processo para os ativos do processo organizacional (SEI, 2010).

Representação por Estágios

Essa representação do CMMI define as mesmas áreas de processo, metas e práticas da representação contínua. Os modelos de maturidade surgiram para avaliar a qualidade dos processos de software aplicados em uma organização (PRESSMAN, 2011).

A representação por estágios disponibiliza uma sequência predeterminada para melhoria fundamentada em estágios que não deve ser ignorada, visto que cada estágio serve de suporte para o próximo (JR, 2010).

- **Nível 1: Inicial (*Ad-hoc*)** - Neste nível os processos são geralmente ad hoc e desordenados. Normalmente, a organização não fornece um ambiente estável para suportar processos. O sucesso nessas organizações depende da competência das pessoas na organização e não do uso de processos comprovados. Apesar desse caos, as organizações de nível 1 de maturidade geralmente produzem produtos e serviços que funcionam, mas frequentemente excedem o orçamento e o cronograma documentados em seus planos (SEI, 2010).
- **Nível 2: Gerenciado** - Neste nível os projetos asseguraram que os processos sejam planejados e executados de acordo com a política. Os projetos empregam pessoas qualificadas que possuem recursos adequados para produzir saídas controladas. Envolve-se as partes interessadas relevantes. Os processos são monitorados, controlados e revisado, e por fim avaliados quanto à aderência às suas descrições de processo (SEI, 2010).
- **Nível 3: Definido** - Neste nível os processos são bem caracterizados e compreendidos, e são descritos em padrões, procedimentos, ferramentas e métodos. O conjunto de processos padrão da organização, que é a base para o nível de maturidade 3, é estabelecido e melhorado ao longo do tempo (SEI, 2010).
- **Nível 4: Controlado Quantitativamente** - Neste nível a organização e os projetos estabelecem objetivos quantitativos para qualidade e desempenho do processo e utilizam-nos como critérios na gestão de projetos.

Os objetivos quantitativos deste nível baseiam-se nas necessidades do cliente, dos usuários finais, da organização e dos implementadores de processos. Qualidade e desempenho do processo é entendido em termos estatísticos e é gerenciado ao longo da vida dos projetos (SEI, 2010).

- **Nível 5: Em Otimização** - Neste nível a organização melhora continuamente seus processos com base em um entendimento quantitativo de seus objetivos de negócios e necessidades de desempenho. O nível de maturidade 5 dedica-se em melhorar continuamente o desempenho do processo através de processos incrementais e inovadores e melhorias tecnológicas.

Os objetivos de qualidade e desempenho do processo da organização são estabelecidos neste nível, continuamente revisados para refletir a mudança dos objetivos de negócios e do desempenho organizacional, e usados como critérios na gestão da melhoria de processos (SEI, 2010).

2.2.2 Áreas de Processo

O CMMI possui 22 áreas de processo que são vistas diferentemente nas duas representações. Como visto anteriormente, a representação contínua permite que a organização escolha o foco de seus esforços de melhoria de processo (SEI, 2010).

Para facilitar o uso da representação contínua, as áreas de processo são organizadas em quatro categorias: (i) Gestão de Processo, (ii) Gestão de Projeto, (iii) Engenharia e (iv) Suporte. Essas categorias enfatizam como as áreas de processo existentes se relacionam (SEI, 2010). A relação entre as Áreas de Processo e as Categorias é mostrada da Tabela 3.

Tabela 3: Áreas de Processo e suas Categorias [Adaptada (SEI, 2010)]

Área de Processo	Categoria
Acompanhamento e Controle de Projeto	Gestão de Projeto
Análise de Decisão e Resolução	Suporte
Análise e Resolução de Causas	Suporte
Definição de Processo Organizacional	Gestão de Processo
Desempenho de Processo Organizacional	Gestão de Processo
Desenvolvimento de Requisitos	Engenharia
Foco de Processo Organizacional	Gestão de Processo
Garantia da Qualidade de Processo e Produto	Suporte
Gestão de Processo Organizacional	Gestão de Processo
Gerência de Configuração	Suporte
Gerenciamento de Acordo com Fornecedor	Gestão de Projeto
Gerenciamento de Requisitos	Gestão de Projeto
Gerenciamento de Riscos	Gestão de Projeto
Gerenciamento Integrado de Projeto	Gestão de Projeto
Gerenciamento Quantitativo de Projeto	Gestão de Projeto
Integração de Produto	Engenharia
Medição e Análise	Suporte
Planejamento de Projeto	Gestão de Projeto
Solução Técnica	Engenharia
Treinamento Organizacional	Gestão de Processo
Validação	Engenharia
Verificação	Engenharia

Na representação por estágios é estabelecido um caminho predeterminado para a melhoria a partir do nível de maturidade 1 em direção ao nível de maturidade 5, envolvendo a satisfação das metas das áreas de processo em cada nível de maturidade (SEI, 2010), conforme é mostrado na Tabela 4.

Tabela 4: Áreas de Processo do CMMI na Representação por Estágios [Fonte: (SEI, 2010)]

Níveis	Áreas de Processo	
1- Inicial (Ad-hoc)	-	
2- Gerenciado	Gerenciamento de Requisitos Planejamento de Projeto Acompanhamento e Controle de Projeto Gerenciamento de Acordo com Fornecedor Medição e Análise Garantia da Qualidade de Processo e Produto Gerência de Configuração	REQM (Requirements Management) PP (Project Planning) PMC (Project Monitoring and Control) SAM (Supplier Agreement Management) MA (Measurement and Analysis) PPQA (Process and Product Quality Assurance) CM (Configuration Management)
3- Definido	Desenvolvimento de Requisitos Solução Técnica Integração de Produto Verificação Validação Foco de Processo Organizacional Definição de Processo Organizacional Treinamento Organizacional Gerenciamento Integrado de Projeto Gerenciamento de Riscos Análise de Decisão e Resolução	RD (Requirements Development) TS (Technical Solution) PI (Product Integration) VER (Verification) VAL (Validation) OPF (Organizational Process Focus) OPD (Organizational Process Definition) OT (Organizational Training) IPM (Integrated Project Management) RSKM (Risk Management) DAR (Decision Analysis and Resolution)
4- Controlado Quantitativamente	Desempenho de Processo Organizacional Gerenciamento Quantitativo de Projeto	OPP (Organizational Process Performance) QPM (Quantitative Project Management)
5- Em Otimização	Gestão de Processo Organizacional Análise e Resolução de Causas	OPM (Organizational Process Management) CAR (Causal Analysis and Resolution)

2.2.3 Aplicações do CMMI no Mundo

Grandes e pequenas organizações do mundo demonstram a utilização do CMMI como melhoria em sua capacidade e desempenho. Para tal, com o auxílio de métodos definidos pelo SEI, um avaliador credenciado analisa o estágio em que a empresa se encontra, atribuindo um nível de maturidade a ser alcançado. Este tem o objetivo de auxiliá-la no desenvolvimento e manutenção dos projetos de software, além de melhorar a sua capacidade de seus processos (SEI, 2010).

Segundo Antônio Braga, diretor da Crest Consulting, empresa responsável por avaliações do CMMI no Brasil, as avaliações do CMMI possuem uma grande importância por “mostrar que a empresa que tem certo nível de maturidade de seus processos, é uma garantia que usa processos de qualidade e, portanto, tem maior probabilidade de executar com sucesso o projeto, entregando o que foi contratado no prazo acordado e com a qualidade desejada” (IT, 2017).

No relatório anual do CMMI Institute, instituto líder global no avanço das melhores práticas em pessoas, processos e tecnologia, o seu diretor executivo, Kirk Boluta, relata que “as avaliações do CMMI são reconhecidas em todo o mundo como uma medida confiável da capacidade de uma organização e da maturidade do processo. O alcance global do CMMI é fundamental para a missão de fazer o mundo funcionar melhor” (CMMI, 2016).

O relatório também mostra um grande crescimento no número de avaliações desde 2010, estas feitas em 58 países, predominando entre países como China, Estados Unidos e Índia (CMMI, 2016). As empresas avaliadas são de diversas áreas, como

Tecnologia e Serviços da Informação, Segurança e Rede de Computadores, Serviços Financeiros, Petróleo e Energia, Aviação, dentre outros. A figura 1 a seguir mostra o número crescente de avaliações do CMMI em todo o mundo, segundo o relatório anual 2016.

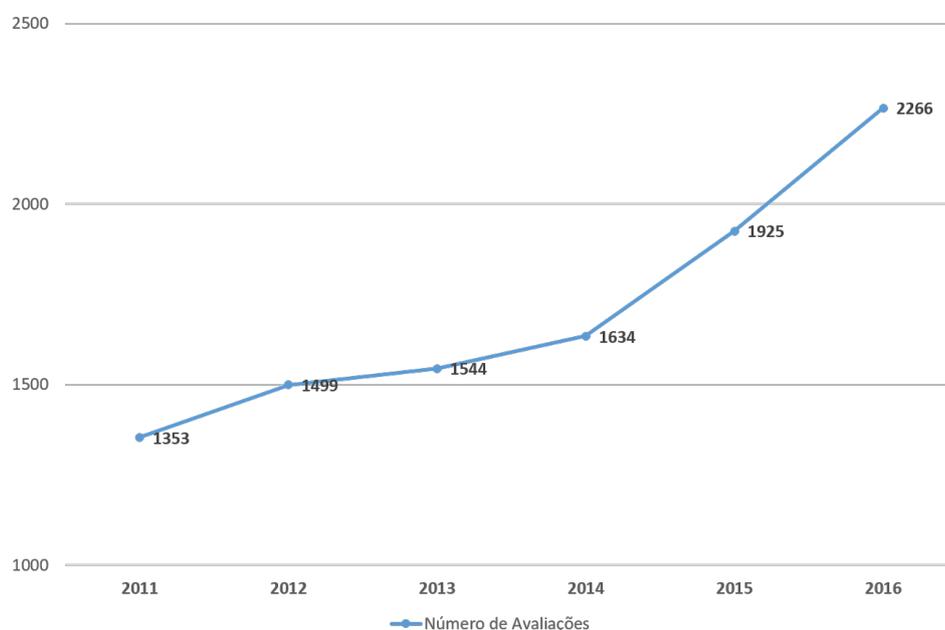


Figura 1: Número de Avaliações do CMMI por Ano [Adaptada (CMMI, 2016)]

Em seus relatórios anuais, além da quantidade de avaliações, é demonstrado também o “*Maturity Profile Reports*” ou relatório de perfil de maturidade do CMMI. Até 2013 neste relatório havia o destaque no número de avaliações e níveis de maturidade por cada país. Posteriormente, foram efetuadas alterações na relação dos resultados de avaliações publicadas, devido à grande variação nas descrições das atividades de nível de maturidade nas organizações (CMMI, 2017).

A partir da publicação dos relatórios anuais (CMMI, 2011) (CMMI, 2012) (CMMI, 2013), em relação ao Brasil, foi possível identificar uma diminuição no número de avaliações e empresas que possuem a certificação CMMI, principalmente por conta da crise, fator este destacado pelo diretor da Crest Consulting.

Alguns outros fatores como custo e o método MPS.BR podem ser as causas desse decréscimo, uma vez que pequenas empresas consideram que o modelo de qualidade de processo voltado para pequenas e médias empresas de desenvolvimento de software (MPS.BR), possui um menor custo e se torna mais vantajoso, adquirindo assim cada vez mais adeptos no país (WEBER et al., 2004). A tabela 5 abaixo mostra a relação entre os anos e a quantidade de empresas em cada nível de maturidade situadas no Brasil, com base nos dados dos relatórios anuais.

A partir de 2014, segundo o *Published CMMI Appraisal Results*, site utilizado

Tabela 5: Quantidade de Empresas no Brasil entre 2011 a 2013 com Níveis de Maturidade do CMMI

Ano	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
2011	1	67	48	0	7
2012	1	82	58	0	8
2013	1	88	73	1	11

pelo CMMI Institute para publicar a lista online de organizações que possuem algum nível de certificação CMMI (CMMI, 2017), nas avaliações entre 2014 e 2016 o mercado brasileiro ainda contava com uma diminuição na quantidade de empresas com certificação CMMI, conforme é mostrado na tabela 6 abaixo.

Tabela 6: Quantidade de Empresas no Brasil entre 2014 a 2016 com Níveis de Maturidade do CMMI

Ano	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
2014	0	9	15	0	0
2015	0	10	12	0	2
2016	0	5	15	1	5

2.3 Metodologias Ágeis

Em meados dos anos 2000, foi publicada uma série de trabalhos sobre o que Martin Fowler, conceituado autor e pesquisador nas áreas de arquitetura de software, padrão de projeto e metodologias ágeis, chamava de nova metodologia (FOWLER, 2001). Metodologia na qual refletia os interesses crescente nas novas abordagens de desenvolvimento de software presentes no métodos Scrum, XP e Metodologias Crystal.

Assim, em fevereiro de 2001, 17 especialistas se reuniram em um encontro no qual surgiu o que foi chamado de Manifesto para Desenvolvimento de Software Ágil, com o intuito de debater maneiras de desenvolver software de forma mais leve, ágil e centrada em pessoas. Deste manifesto foram definidos 4 valores fundamentais (FOWLER; HIGHSMITH, 2001):

- Indivíduos e interações acima de processos e ferramentas;
- Software em funcionamento acima de documentação abrangente;
- Colaboração do cliente acima de negociação de contrato;
- Respondendo a mudança acima de seguir um plano;

O manifesto destaca ainda um conjunto de 12 princípios que devem ser seguidos pelos usuários das metodologias ágeis (FOWLER; HIGHSMITH, 2001):

(i) A maior prioridade é satisfazer o cliente através da entrega contínua e prece de software funcionais;

(ii) Aceitar as mudanças nos requisitos, mesmo no fim do desenvolvimento, pois processos ágeis se adequam a mudanças, para que o cliente possa tirar vantagens competitivas;

(iii) Entregar software funcionando com frequência, em uma escala de semanas a poucos meses, com preferência aos períodos mais curtos;

(iv) Pessoas relacionadas à negócios e desenvolvedores devem trabalhar em conjunto e diariamente por todo o projeto;

(v) Construir projetos em torno de indivíduos motivados. Dando a eles o ambiente e suporte necessário, e confiar neles para fazer o trabalho.

(vi) O método mais eficiente e eficaz de transmitir informações para, e entre a equipe de desenvolvimento é através de uma conversa face a face;

(vii) Software funcional é a medida primária de progresso;

(viii) Os processos ágeis promovem um ambiente sustentável. Os patrocinadores, desenvolvedores e usuários, devem ser capazes de manter um ritmo constante indefinidamente;

(ix) Constante atenção à excelência técnica e bom design, aumenta a agilidade;

(x) Simplicidade é a arte de maximizar a quantidade de trabalho que não precisou ser feito;

(xi) As melhores arquiteturas, requisitos e designs surgem de times auto organizáveis;

(xii) Em intervalos regulares, a equipe reflete como se tornar mais eficaz e então se então refina e ajusta seu comportamento de acordo.

Desta maneira, os métodos ágeis surgiram a partir de um interesse em sanar as fraquezas existentes na engenharia de software convencional. Sendo uma de suas principais características, a habilidade de reduzir os custos das mudanças ao longo do processo de desenvolvimento do software ([PRESSMAN, 2011](#)).

Seguindo os valores e princípios propostos pelo manifesto ágil, esta seção apresenta as três metodologias ágeis Scrum, XP e Crystal. Inicialmente o Scrum é contextualizado, descrevendo suas etapas e regras, compostas por papéis, artefatos e eventos. Posteriormente, o método XP é destacado conforme seus valores, atividades e seu ciclo de vida durante o processo de desenvolvimento. Ao final é apresentada a definição e os valores da metodologia Crystal.

2.3.1 Scrum

Esse método de desenvolvimento ágil concebido por Takeuchi e Nonaka, foi mostrado inicialmente no artigo *"The New Product Development Game"* da *Harvard Business Review* em 1986. Tal método é composto por um conjunto de valores, princípios e práticas que servem de base para as organizações que o adotam com o foco no gerenciamento de projetos (TAKEUCHI; NONAKA, 1998).

Posteriormente no início dos anos 1990, Jeff Sutherland e sua equipe de desenvolvimento documentaram e implementaram o Scrum incorporando as características de Takeuchi e Nonaka (PRESSMAN, 2011).

A definição de Scrum segundo Ken Schwaber e Jeff Sutherland, consiste em "Um framework dentro do qual pessoas podem tratar e resolver problemas complexos e adaptativos, enquanto produtiva e criativamente entregam produtos com o mais alto valor possível, de forma leve, simples de entender e extremamente difícil de dominar". Um destaque do Scrum em relação aos demais métodos ágeis se dar pela sua maior ênfase ao gerenciamento do projeto, no qual reúne atividades e reuniões diárias que visam identificar e corrigir os problemas encontrados durante todo o processo de desenvolvimento (SCHWABER; SUTHERLAND, 2016).

Ao compreender que o desenvolvimento de software engloba uma grande quantidade de elementos se tornando muito complexo e imprevisível para um planejamento inicial, o Scrum, utiliza o processo empírico para garantir a transparência, inspeção e adaptação do projeto (SCHWABER; BEEDLE, 2002).

No Scrum, este processo emprega uma abordagem incremental e iterativa para controlar os riscos e otimizar a previsibilidade, incremental pois permite que a construção das funcionalidades seja feita por etapas e iterativo ao permitir o feedback do cliente a cada entrega, possibilitando melhorias no desenvolvimento (SCHWABER; SUTHERLAND, 2016).

O Scrum contém um conjunto de princípios, estes usados para orientar as atividades de desenvolvimento dentro de um processo que incorpora as atividades estruturais de requisitos, análise, projeto, evolução e entrega. Em cada atividade deste método, ocorrem tarefas a realizar dentro de um padrão de processo chamado de Sprint (PRESSMAN, 2011).

Com base em dados de uma pesquisa realizada em mais de sete mil projetos, o tamanho ideal de uma equipe Scrum é de cinco a sete pessoas para obter maior produtividade. Assim, baseia-se um dos princípios do Scrum, que indica equipes pequenas para maximizar a comunicação e minimizar a supervisão dos envolvidos (COHN, 2000).

As regras do Scrum integram os papéis, artefatos e eventos, estes que admi-

nistram as relações e interações entre os envolvidos, como descritas abaixo:

Papéis

O Scrum desenvolve uma arquitetura iterativa e incremental por meio de três papéis principais: o *Product Owner*, *Scrum Master* e o Time de Desenvolvimento (SCHWABER; BEEDLE, 2002). Estes papéis compõem o Time Scrum de forma auto organizável e multifuncional, aperfeiçoando a flexibilidade, criatividade e produtividade no projeto (SCHWABER; SUTHERLAND, 2016).

- *Product Owner* (Dono do Produto): É o responsável por maximizar o valor do produto e do trabalho do Time de Desenvolvimento, representando os interesses de todos no projeto. Ele define os fundamentos do projeto gerenciando os requisitos iniciais e gerais chamados de *Product Backlog*, garantindo que as funcionalidades de maior valor sejam construídas prioritariamente (SCHWABER; BEEDLE, 2002).
- *Scrum Master*: É o responsável por gerenciar o processo do Scrum garantindo que ele seja entendido e aplicado, ou seja, ensinar as práticas e regras do Scrum a todos os envolvidos no projeto, trabalhando de forma conjunta com todo o Time Scrum (SCHWABER; BEEDLE, 2002).
- Time de Desenvolvimento: Este desenvolve as funcionalidades do produto, definindo como transformar o *Product Backlog* em incremento de funcionalidades numa iteração. Os times de desenvolvimento são estruturados e autorizados gerenciando seu próprio trabalho. Em geral este time é pequeno o suficiente para se manter ágil e grande o suficiente para completar uma parcela significativa do trabalho dentro dos limites da Sprint (SCHWABER; SUTHERLAND, 2016).

Artefatos

O Scrum possui artefatos que dão uma visão do andamento do projeto e das Sprints (PRIKLADNICKI; WILLI; MILANI, 2014). São eles: *Product Backlog*, *Sprint Backlog* e o Incremento do Produto:

- *Product Backlog*: Corresponde a uma lista com prioridades dos requisitos ou funcionalidades do projeto que fornecem valor comercial ao cliente (PRESSMAN, 2011). O *Product Owner* é responsável por este artefato, incluindo seu conteúdo, disponibilidade e ordenação. O *Backlog* do Produto lista todas as características, funções, requisitos, melhorias e correções que formam as mudanças que devem ser feitas no produto nas futuras versões (SCHWABER; SUTHERLAND, 2016).

- *Sprint Backlog*: É um conjunto de itens do *Backlog* do Produto selecionados para a Sprint. Este aterfato tem como objetivo tornar visível o trabalho necessário para que o Time de Desenvolvimento atinja a meta da Sprint (SCHWABER; SUTHERLAND, 2016). Assim, ao final de cada Reunião de Planejamento de Sprint, um novo *Sprint Backlog* é criado.
- Incremento do produto: É a soma de todos os itens do *Backlog* do Produto completados durante a Sprint e o valor dos incrementos de todas as Sprints anteriores. (SCHWABER; SUTHERLAND, 2016). Ou seja, ao final de cada Sprint, o Time de Desenvolvimento entrega um incremento do produto, resultado do que foi produzido durante a Sprint.

O monitoramento do progresso do projeto é realizado por meio de dois gráficos principais: *Product Burndown* e *Sprint Burndown* (SCHWABER; BEEDLE, 2002). Estes gráficos, mostram ao longo do tempo a quantidade de trabalho que ainda resta ser feito, sendo um excelente mecanismo para visualizar a correlação entre a quantidade de trabalho que falta ser feita e o progresso do projeto.

Eventos

O Scrum possui eventos de duração fixa (*time-boxed*) realizados em intervalos regulares. Cada um desses eventos é uma oportunidade para inspeção e adaptação (PRIKLADNICKI; WILLI; MILANI, 2014).

A Sprint é uma das partes fundamentais do Scrum, um *time-boxed* de um mês ou menos, no qual um incremento potencialmente utilizável do produto, é criado. Ela é composta por uma Reunião de Planejamento da Sprint, Reuniões Diárias, uma Revisão da Sprint e a Retrospectiva da Sprint (SCHWABER; SUTHERLAND, 2016).

A Reunião de Planejamento da Sprint é feita no início de cada Sprint, o Time Scrum se reúne para planejar o que será feito naquela Sprint. Uma vez selecionados os itens, o Time Scrum define uma meta da Sprint. Essa meta serve como um guia sobre o que será desenvolvido durante a Sprint e representa o compromisso firmado entre o Time de Desenvolvimento e Dono do Produto (PRIKLADNICKI; WILLI; MILANI, 2014).

As Reuniões Diárias são curtas tipicamente com duração de 15 minutos, realizadas diariamente pelo Time Scrum. Esta reunião é feita para inspecionar o trabalho desde a última Reunião Diária, e prever o trabalho que deverá ser feito antes da próxima Reunião Diária (SCHWABER; SUTHERLAND, 2016). São feitas três perguntas-chave e respondidas por todos os membros da equipe:

- O que você realizou desde a última reunião de equipe?

- Quais obstáculos você está encontrando?
- O que planeja realizar até a próxima reunião da equipe?

A Revisão da Sprint é realizada ao final de cada Sprint. Durante a reunião de Revisão da Sprint o Time Scrum e as partes interessadas colaboram sobre o que foi feito na Sprint, como objetivo de inspecionar o que o Time de Desenvolvimento produziu e colher opiniões e impressões dos presentes para, caso seja necessário, adaptar o plano para a Sprint seguinte com o foco principal no aprimoramento do produto (PRIKLADNICKI; WILLI; MILANI, 2014).

A Retrospectiva da Sprint é o último evento de uma Sprint e ocorre imediatamente após a Revisão da Sprint. Participam dessa reunião todos os membros do Time Scrum, e seu foco é a interação entre os membros do Time de Desenvolvimento, as práticas e ferramentas utilizadas, o que funcionou e o que precisa ser melhorado na próxima Sprint (PRIKLADNICKI; WILLI; MILANI, 2014).

Etapas do Scrum

O Scrum possui um ciclo de vida em quatro etapas (LARMAN, 2004): (i) Planejamento; (ii) *Stagging*; (iii) Desenvolvimento e (iv) *Releasing*, mostrados na figura 2 abaixo.

- Planejamento: Nesta fase compreende a criação das versões iniciais do *Product Backlog*.
- *Stagging*: Nesta fase ocorre a avaliação das várias dimensões do projeto criando os itens adicionais ao *Product Backlog*. Os Times são formados e os mecanismos de comunicação entre eles são formulados.
- Desenvolvimento: Consiste no desenvolvimento dos incrementos de funcionalidade do produto.
- *Releasing*: Finalizando na entrega do produto ao cliente.

2.3.2 XP

Esse método é um dos mais conhecidos entre as metodologias de desenvolvimento de software. Proposto por Kent Beck, Ward Cunningham em 1996, a XP é resultado da união de princípios e boas práticas de programação. Ao juntar técnicas de desenvolvimento comprovadas por décadas em uma única abordagem, a XP, tem por inovação garantir que as mesmas sejam executadas ao extremo, assim como, assegurar que elas apoiem ao máximo umas às outras (BECK et al., 2001).

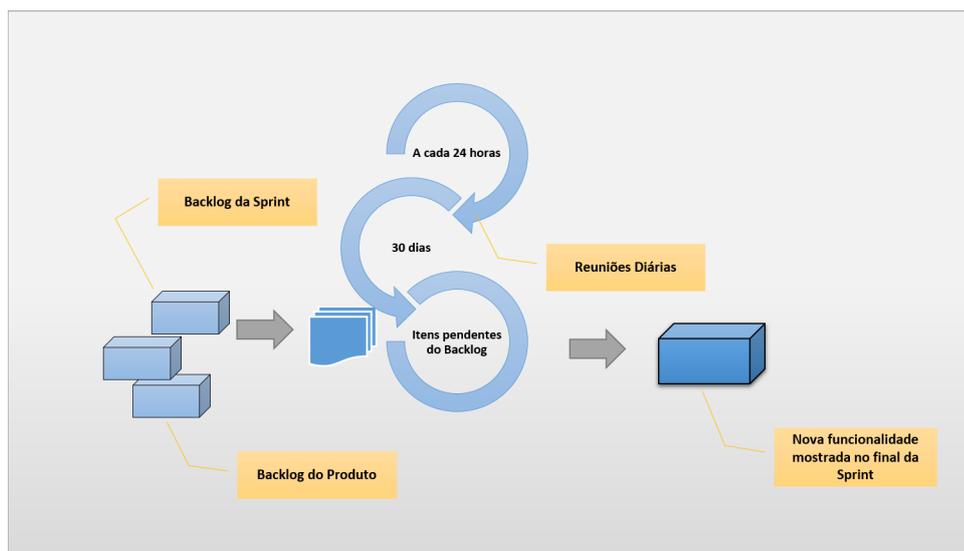


Figura 2: Etapas do Scrum

Desenvolvido para resolver problemas básicos no desenvolvimento de software, as práticas da XP vêm sendo utilizadas muito antes de sua criação, mas muitas destas foram reunidas e substituídas por práticas mais complexas no decorrer dos anos (BECK; ANDRES, 2005).

O primeiro projeto a utilizar essa metodologia foi o Chrysler Comprehensive Compensation (C3), um sistema de compensação abrangente da Chrysler, que controlava a folha de pagamento dos milhares funcionários da empresa. Após anos de fracasso utilizando metodologias tradicionais, com o uso da XP o projeto ficou pronto em pouco mais de um ano (HIGHSMITH, 2000). A partir deste, grande número de projetos passaram a utilizam a XP pelo mundo.

Na XP o desenvolvimento rápido do projeto e a garantia da satisfação do cliente são destacadas. Esta metodologia ágil se ajusta bem a pequenas ou médias equipes, que desenvolvem software baseados em requisitos vagos e que se modificam rapidamente (BECK; ANDRES, 2005). Assim a XP tem o enfoque nas principais características: (i) Feedback constante; (ii) Abordagem incremental; e (iii) A comunicação entre as pessoas.

A XP busca assegurar que o cliente receba o máximo de valor de cada dia de trabalho da equipe de desenvolvimento. Assim, um conjunto de valores e práticas são organizados de forma harmônica e coesa para assegurar que o cliente sempre receba um alto retorno do investimento em software (TELES, 2004).

O conjunto de cinco valores estabelecem as bases para todo trabalho realizado como parte da XP — comunicação, simplicidade, feedback, coragem e respeito. Cada um desses valores é usado como um direcionador das atividades, ações e tare-

fas específicas da XP ([PRESSMAN, 2011](#)).

Esses valores são ideais abstratos, porém identificáveis e distintos como mostrados abaixo ([BECK et al., 2001](#)):

- A comunicação deve ocorrer de maneira contínua entre os próprios desenvolvedores, bem como, entre a equipe de desenvolvimento e o cliente para criar um senso de equipe e cooperação eficiente.
- A simplicidade consiste em descartar elementos desejados, porém dos quais não são precisos realmente para fazer algo funcionar.
- O feedback contribui para o aprendizado no sentido de aprender a melhorar o trabalho em todas as situações possíveis.
- A coragem utilizada de forma isolada, sem contrabalancear os demais valores é perigosa. Fazer algo sem levar em conta as suas consequências não é um exemplo de equipe de trabalho eficiente.
- O respeito entre as pessoas é a parte fundamental para que os demais valores colaborem entre si.

Atividades da XP

A Extreme Programming emprega uma abordagem orientada a objetos como seu paradigma de desenvolvimento preferido e envolve um conjunto de regras e práticas constantes no contexto de quatro atividades metodológicas sendo elas: planejamento, projeto, codificação e testes ([PRESSMAN, 2011](#)).

- Planejamento: A atividade de planejamento se inicia com a atividade de ouvir — uma atividade de levantamento de requisitos que capacita os membros técnicos da equipe XP a entender o ambiente de negócios do software e possibilita que se consiga ter uma percepção ampla sobre os resultados solicitados, fatores principais e funcionalidade.
- Projeto: O projeto XP segue rigorosamente o princípio KIS (keep it simple, ou seja, preserve a simplicidade). É preferível sempre um projeto simples do que uma representação mais complexa.
- Codificação: Depois de desenvolvidas as histórias e o trabalho preliminar de elaboração do projeto ter sido feito, a equipe não passa para a codificação, mas sim, desenvolve uma série de testes de unidades que exercitarão cada uma das histórias a ser inclusas na versão corrente (incremento de software).

- Testes: Os testes de unidade criados devem ser implementados usando-se uma metodologia que os capacite a ser automatizados. Isso encoraja uma estratégia de testes de regressão, toda vez em que o código for modificado.

Ciclo de Vida da XP

O ciclo de vida do XP consiste em seis fases: (i) Exploração, (ii) Planejamento, (iii) Iterações para Liberação, (iv) Produção, (v) Manutenção e (vi) Morte (ABRAHAMSON et al., 2002).

Conforme a descrição de Beck, na fase de exploração, os clientes escrevem os cartões de história que eles desejam ser incluídos no primeiro lançamento, cada carta narrativa descreve um recurso a ser adicionado para o programa (BECK et al., 2001).

A fase de planejamento define a ordem de prioridade para as histórias e um acordo do conteúdo na primeira versão. O intervalo de tempo da primeira versão normalmente não exceder a dois meses (BECK et al., 2001).

A fase de planejamento é onde a programação definida na fase de planejamento é quebrada em um número de iterações. A primeira iteração cria um sistema com a arquitetura do sistema inteiro, isto é consegue selecionar as histórias para a construção da estrutura de todo o sistema. O cliente decide as histórias a ser selecionado para cada iteração (BECK et al., 2001).

A fase de produção requer testes extras e verificação do desempenho do sistema antes que o sistema possa ser libertado para o cliente. Nesta fase, as novas alterações podem ser encontradas e a decisão são tomadas se incluídas na versão atual (BECK et al., 2001).

Após o primeiro lançamento para uso do cliente, o projeto XP deve tanto manter o sistema na produção em execução ao mesmo tempo, produzir novas iterações. A fim de fazer isto, a fase de manutenção requer um esforço também para tarefas de suporte ao cliente (BECK et al., 2001).

A fase de morte está perto quando o cliente não tem quaisquer histórias para que seja implementada. A morte também pode ocorrer se o sistema não está a produzir os resultados desejados, ou se tornasse muito caro para um maior desenvolvimento (BECK et al., 2001).

2.3.3 Crystal

Com uma abordagem voltada à gestão de pessoas, a família Crystal, metodologia esta criada por Alistair Cockburn e Jim Highsmith visa elaborar uma abordagem de desenvolvimento de software que prioriza a adaptabilidade. Seus princípios são

personalizados para cada formato de projeto tomando por base sua complexidade. (PRESSMAN, 2011).

Para conseguir tal adaptabilidade, Cockburn e Highsmith definiram um conjunto de metodologias com elementos essenciais comuns a todas. Assim, a família Crystal é, um conjunto de exemplos de processos ágeis que provaram ser efetivos para diferentes tipos de projetos (PRESSMAN, 2011).

A avaliação dos projetos em Crystal é por meio do número de pessoas e consequência dos erros. Na qual é definido graficamente por cores indicando o peso da metodologia. Assim, a escolha da cor baseia-se no tamanho e criticidade do projeto, onde quanto mais escura a cor mais complexa é a metodologia (COCKBURN, 2004).

Mesmo com pouca definição, há valores comuns na família Crystal, como os seguintes (COCKBURN, 2004).

- As entregas que são frequentes, reduzindo assim a necessidade de produtos intermediários;
- A equipe possui bastante proximidade e integração, porém, os membros têm especialidades distintas.
- Os projetos têm ciclos de desenvolvimento incremental com liberação de versões de um a quatro meses.
- Após o término das iterações é comum fazer uma reflexão sobre possíveis melhorias.

2.4 CMMI no Contexto de Metodologias Ágeis

Nesta seção há uma contextualização sobre a qualidade de software em relação as práticas presentes nas metodologias ágeis e no CMMI. Inicialmente, são apresentados conceitos de qualidade software e suas características. Posteriormente são explanadas as dificuldades e vantagens da aplicação do CMMI em contexto com métodos ágeis, com o intuito de se identificar e analisar áreas em que há garantias de qualidade no processo de desenvolvimento de software.

2.4.1 Qualidade de Software e Metodologias Ágeis

Com empresas cada vez mais competitivas, a redução de custos, o aumento da qualidade e da produtividade tornam-se pontos fundamentais ao se desenvolver um produto. O desenvolvimento de software está inserido neste contexto, visando produzir softwares com a qualidade exigida pelo mercado atual, no qual o desafio da

indústria de desenvolvimento é buscar novas maneiras de criar novos produtos com ênfase na agilidade dos processos (RECH, 2013).

As metodologias ágeis de desenvolvimento de software desde a sua criação alegaram melhorar a qualidade do produto de software (MNKANDLA; DWOLATZKY, 2006). Desde a introdução da XP por Beck que o desenvolvimento ágil de software se tornou algo polêmico na engenharia de software. Pesquisadores e interessados na área discutem sobre os benefícios, uns contras, enquanto outros sugerem uma mistura de agilidade e práticas (BOEHM; TURNER, 2003). Mesmo assim, a partir dos anos 90 os métodos ágeis têm obtido uma enorme aceitação, seja por atender as necessidades e colaboração entre desenvolvedores e clientes, ou pelo apoio à entrega antecipada de produtos (HUO et al., 2004).

Como as duas metodologias ágeis mais utilizadas são a XP, focado nos aspectos do desenvolvimento de produto, e o Scrum, focado no gerenciamento e acompanhamento do projeto de desenvolvimento (BECK et al., 2001). Esses métodos ágeis atendem um dos principais objetivos do desenvolvimento de software, centrada na qualidade do produto ao atender as necessidades do cliente. Os praticantes ágeis também alegaram que a utilização da abordagem ágil melhorou consideravelmente o produto. No entanto, a qualidade do software é um conceito no qual, alguns definiram toda a disciplina de Engenharia de Software como a produção de software de qualidade (MNKANDLA; DWOLATZKY, 2006).

Essa qualidade em um produto de software é muitas vezes determinada pela verificação se o produto desenvolvido por este está funcionando sem defeitos, se atende às necessidades propostas inicialmente no projeto, ou então, se o processo utilizado para produzi-lo foi seguido conforme o estipulado (BECK et al., 2001).

Uma definição de qualidade de software segundo Pressman é: "Uma gestão de qualidade efetiva aplicada de modo a criar um produto útil que forneça valor mensurável para aqueles que o produzem e para aqueles que o utilizam" (PRESSMAN, 2011).

Já de acordo com a ISO 9000, nos quais compõem um grupo de normas técnicas que estabelecem um modelo de gestão da qualidade para organizações em geral. A qualidade é definida como: "Totalidade de características de uma entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades explícitas ou implícitas" (ISO, 2000).

Assim, esta concepção de qualidade tem passado por mudanças, na qual pode ser esclarecida por meio de etapas. A primeira etapa se destaca pelas questões cartesianas, com foco na inspeção, controle estatístico e na racionalidade no planejamento da produção. A segunda etapa com foco no processo, no qual a qualidade

adjetiva buscava adequar o processo a padrões. A terceira etapa a qualidade substantiva que consiste em despertar a confiança e superar as necessidades e expectativas do cliente (GOLDBARG, 2000).

Os valores apresentados no manifesto ágil sugerem a presença da terceira etapa de qualidade, uma vez que há uma maior preocupação em atender não só os requisitos dos usuários, como também, o valor que o software representa (MNKAN-
DLA; DWOLATZKY, 2006).

Mnkandla e Dwolatzky associaram práticas das metodologias ágeis com fatores de qualidade. Para cada parâmetro, foi listado algumas práticas que segundo os autores melhoraram a forma como o desenvolvimento ágil implementa a garantia de qualidade de software (MNKANDLA; DWOLATZKY, 2006). Segue os itens:

- Corretude: Uma das características da prática ágil é a aplicação de padrões no desenvolvimento. Assim, as iterações curtas e rápidas permitem ao cliente aprovar ou não as alterações.
- Efetividade de Custo: A metodologia ágil permite um maior controle do escopo do projeto uma vez que suas fases são curtas e com isso há uma maior atenção no atendimento dos requisitos e se o custo está se tornando maior do que o desejado.
- Eficiência: Técnicas ágeis que garantem a eficiência de um sistema incluem a aplicação de boas normas de codificação.
- Extensibilidade: A extensibilidade de um sistema é uma característica geral de todas as aplicações desenvolvidas, no qual um software deve ser de fácil adaptação a novas funcionalidades. As metodologias ágeis utilizam pouca documentação formal, justamente por considerar os requisitos dinâmicos.
- Facilidade de uso: Técnicas ágeis que garantem a facilidade de uso de um sistema incluem por exemplo ações que o cliente esteja presente em muitas fases do processo de desenvolvimento, garantindo que o software produzido seja amigável ao usuário final.
- Integridade: A integridade de um sistema deve ser garantida ao nível do sistema operativo e também ao nível da plataforma de desenvolvimento.
- Manutenibilidade: o projeto ágil favorece a correção de erros e o atendimento a novas funcionalidades do software.
- Prazos: Técnicas ágeis que garantem a pontualidade do sistema incluem um desenvolvimento iterativo, entrega rápida e ciclos curtos.

- **Verificação e Validação:** os testes são utilizados em muitas fases nas metodologias ágeis, assegurando que a verificação e validação de um sistema inclua vários teste. Para melhorar essas técnicas, mais ferramentas poderiam ser desenvolvidas para se facilitar a garantida da qualidade na verificação e validação do software.

No CMMI a definição de garantia de qualidade constante é enfatiza na aderência aos processos. As ações de garantia da qualidade na produção de software implica uma atitude preventiva em relação aos problemas da qualidade de produto que poderiam surgir, assim o CMMI define os seguintes objetivos para a garantia da qualidade de produtos e processos são (FILHO, 2003):

- Avaliar objetivamente os processos e produtos de trabalho contra as respectivas descrições de processo, padrões e procedimentos.
- Identificar e documentar problemas de não-conformidade.
- Garantir que esses problemas sejam tratados até a resolução completa.
- Fornecer informações às equipes técnicas e aos gerentes sobre questões de qualidade.

2.4.2 Dificuldades e Vantagens da Aplicação do CMMI com Métodos Ágeis

A sequência de melhoria de processos PDCA, consiste em um método iterativo de gestão, utilizado para o controle e melhoria dos processos e produtos. Este método serviu como referência para muitas regras, modelos e métodos serem posteriormente desenvolvidos, destes estes o modelo CMMI e as metodologias ágeis (GLAZER et al., 2008).

Enquanto os métodos ágeis estão salientado como os projetos deve desenvolver seus produtos, o modelo CMMI destina-se em determinar o que os projetos fazem ou devem fazer, para adquirir os níveis elevados de maturidade e de melhoria em seus processos, garantindo assim, gradativamente, níveis melhores de qualidade do produto em desenvolvimento (GLAZER et al., 2008).

Os adeptos de metodologias ágeis se orgulham dos processos de conhecimento altamente produtivos, responsivos, pouco cerimoniosos, leves e de conhecimento tácito com pouco gasto, planejamento adaptável e geração iterativa e frequente de valor. Assume-se frequentemente que os processos compatíveis com CMMI devem ser pesados, burocráticos, lentos, altamente cerimoniosos e orientados a um plano (ANDERSON, 2015).

Deste modo, uma ordem de motivos instituem que o modelo CMMI não seja implementado pelas organizações. Dentre estes motivos estão, o porte da organização, o custo de implementação das práticas do CMMI, e o entendimento de que não haver benefício aos projetos. Em contrapartida a estes fatores, um número crescente de empresas adotam as metodologias ágeis como modelo de desenvolvimento em seus projetos. Argumentam que por serem práticas e mais baratas, se tornam mais fáceis de serem introduzidas nas organizações (STAPLES et al., 2007).

Estudos mostram a implementação das áreas de processos do CMMI podem ser feitas por meio das práticas ágeis, uma vez que para isso, as organizações devem ter como sua base de os valores e princípios fundamentados nestas metodologias, assim como os processos, técnicas e práticas de ambos modelos (ALEGRIA; BASTARRICA, 2006).

No relatório "Technical Note" publicado pelo SEI em 2008, também se é exposto que, ao combinar o CMMI com prática ágeis, é possível obter uma melhora no desempenho da organização. Além de que quando as empresas interpretam o CMMI como um modelo de processos, elas têm a liberdade para implementar suplementos que estejam de acordo com suas necessidades (GLAZER et al., 2008).

2.5 Trabalhos Relacionados

Ao pesquisar sobre trabalhos relacionados, foram identificados artigos e dissertações que consolidam os resultados da implementação do CMMI com métodos ágeis em organizações. Além trabalhos que mostram como a utilização da Análise Verbal de Decisão apoia a análise de alternativas nos projetos estudados.

(RESS, 2013), apresenta um estudo sobre a integração do CMMI ao desenvolvimento ágil. Nesse trabalho há uma análise de como as empresas que possuem o CMMI estão adotando o desenvolvimento ágil de modo a se tornarem mais eficazes. O objetivo final desse trabalho é levantar como as empresas estudadas que possuem certificação CMMI, solucionaram os problemas relacionados aos conflitos das abordagens tradicionais e ágeis.

(MACHADO, 2012), avalia as abordagens de gerência de projetos aplicadas nas empresas de desenvolvimento de software. É proposto um modelo híbrido que classifica e ordena as alternativas usando os método de AVD. Após, práticas específicas do CMMI nível 2 são selecionadas com o objetivo de auxiliar empresas que não teriam estrutura para atingir uma certificação do CMMI.

A implantação de melhoria de processos de software com o CMMI nível 2 é foco principal deste trabalho (AMARAL, 2015). O objetivo do autor é orientar através

de modelos e exemplos, qual o planejamento sobre a implantação de um processo baseado nas metas e práticas do CMMI, utilizando também as recomendações do PMBOK. É apresentado um estudo de caso baseado no cenário ad hoc em uma empresa real, na qual se pretende obter a certificação CMMI nível 2.

A tabela 7 mostra uma comparação entre o trabalho proposto e os trabalhos citados, analisando os critérios (i) Análise Real em Empresas; (ii) Abordagem Scrum; (iii) Abordagem XP; (iv) Abordagem CMMI; (v) Utilização de Métodos da AVD e (vi) Análise com Empresas CMMI Nível 5. Nota-se que o diferencial deste trabalho está explícito ao atender todos os pontos dos critérios avaliados.

Um fator de destaque é a análise em empresas que utilizam métodos ágeis e possuem a certificação CMMI nível 5, além de um estudo na inserção de métodos da Análise Verbal de Decisão para a seleção na preferência de atividades.

Tabela 7: Comparação entre o Trabalho Proposto e os Trabalhos Relacionados

	Trabalho Proposto	(RESS, 2013)	(MACHADO, 2012)	(AMARAL, 2015)
Análise Real em Empresas	X	X	X	X
Abordagem Scrum	X	X	X	
Abordagem XP	X	X		
Abordagem CMMI	X	X	X	X
Utilização de Métodos da AVD	X		X	
Análise com Empresas CMMI Nível 5	X	X		

AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

No presente capítulo são apresentados os processos executados neste trabalho. Inicialmente a seção 3.1 apresenta um enfoque na Visão Geral, descrevendo todo o processo de pesquisa dos dados, como foi realizado a coleta de dados e o desenvolvimento dos questionários, além de uma explanação das empresas pesquisadas, caracterizando seu contexto e seus processos de desenvolvimento.

A seção 3.2 apresenta a Análise Inicial no qual compreende a uma análise dos primeiros resultados dos questionamentos, referentes a utilização do CMMI e dos métodos ágeis pelas empresas.

A Aplicação do Método ZAPROS III, conforme suas fases, é descrita na seção 3.3. Inicialmente é exposta a definição dos critérios, valores dos critérios e os conjuntos de atividades propostas. Também há nessa seção, o enfoque na elicitación das preferências realizadas pelo decisor.

Ao final, os resultados encontrados por meio do método ZAPROS III são apresentados na seção 3.4, exibindo a ordem das atividades de acordo com as preferências feitas pelo decisor.

3.1 Visão Geral

A análise realizada neste trabalho consiste em (i) identificar e selecionar empresas que utilizam metodologia ágil e possuem algum nível de CMMI; e (ii) nestas empresas selecionadas, aprofundar esta análise a partir da elicitación de preferências de seu decisor, definindo com auxílio do método ZAPROS III, qual deve ser a priorização de atividades referentes a qualidade no CMMI e produtividade nas metodologias ágeis, quando se tem pouco tempo para realizar seus projetos.

Para tal, os processos de (i) elaboração desta análise, (ii) métodos adotados para o levantamento de dados e desenvolvimento dos questionários, e (iii) seleção das empresas pesquisadas, são descritos a seguir.

3.1.1 Elaboração

Esta análise é resultado de uma pesquisa realizada em dois segmentos, estes, são descritos a seguir. Tais seguimentos possuem a finalidade de identificar dados quantitativos e qualitativos entre o CMMI e as metodologias ágeis no desenvolvimento de software.

Em seu primeiro segmento, a pesquisa identifica as empresas a serem analisadas. Há um enfoque na utilização do CMMI e das metodologias ágeis descritas ao longo deste trabalho, além de uma análise dos benefícios trazidos a partir da utilização do CMMI com as metodologias ágeis. Os resultados desta pesquisa inicial se encontram na seção [3.2](#).

Posteriormente, no segundo segmento a pesquisa aprofunda uma análise nas empresas que utilizam CMMI e algum método ágil, atribuindo alguns critérios e atividades que foram classificadas preferencialmente por seus representantes, com o intuito de analisar, juntamente com o método ZAPROS III, qual a ordem de critérios e atividades preferíveis, em um cenário de curto tempo para implementá-las.

3.1.2 Coleta de Dados e Desenvolvimento dos Questionários

A coleta dos dados neste trabalho aconteceu por meio de questionários online, facilitando assim a quantificação dos dados e posteriormente uma análise real. Estes questionários foram enviados para várias empresas de desenvolvimento, presentes em diversos países e com tamanhos variados, tal variação tem o intuito de identificar e analisar diferentes cenários de desenvolvimento.

Estes questionários se encontram na seção de apêndices e são compostos por perguntas abrangentes nas áreas do CMMI e das Metodologias Ágeis. O intuito destes questionamentos é realizar uma interpretação das atividades e métodos utilizados por estas empresas, além de identificar quais as preferências de seu decisor no desenvolvimento software.

Visando a necessidade de se desenvolver entrevistas que pudessem ser submetidas às empresas, foi então elaborado ao longo deste trabalho dois questionários de pesquisa.

O primeiro questionário é composto por perguntas referentes as características fundamentais e a utilização das metodologias ágeis e CMMI pelas empresas. Neste questionário também há um breve questionamento sobre as empresas e seus processos de desenvolvimento de software. Tal questionário tem o objetivo principal de identificar quais empresas possuem algum nível de CMMI e fazem uso de algum método ágil, além de analisar quais os pontos de melhoria no desenvolvimento de software ao se adequar ao CMMI e aos modelos ágeis.

Após a identificação de quais empresas que possuem CMMI e utilizam alguma metodologia ágil, foi então, submetidos a estas empresas o segundo questionário com questões referentes ao CMMI, XP e Scrum. Nele são apresentados situações e questionamentos nos quais devem ser respondidos conforme as preferências do decisor. Tais preferências são utilizadas para identificar em conjunto com o método ZAPROS III, quais as atividades devem ser priorizadas no desenvolvimento de software.

3.1.3 Empresas Pesquisadas

A pesquisa foi realizada em cinco empresas presentes em três países. Foram escolhidas diferentes empresas de desenvolvimento, conforme o tamanho, finalidade e localização.

As empresas pesquisadas possuem diversos tamanhos de equipe de software, sendo esse tamanho atribuído a quantidade de pessoas em todos os processos, desde o desenvolvimento até a entrega. Todas as empresas pesquisadas são de desenvolvimento de software, com áreas principais de atuação em comunicação, negócios, finanças, internet e governo.

Abaixo se encontra a lista de empresas submetidas a esta avaliação, em seguida é apresentado um breve histórico de seu contexto e finalidade. Por confidencialidade das empresas pesquisadas, as mesmas não terão seus nomes divulgados, para diferenciá-las será utilizado um identificador arbitrário.

- A empresa "A", uma empresa de tecnologia brasileira, responsável pelo desenvolvimento de sistemas, consultorias, serviços de *datacenter* e telecomunicações. Foi constituída em 1974, atualmente conta com mais de 3000 colaboradores e possui grande crescimento ao longo dos anos.

Com uma grande estrutura em todo o país, a empresa possui um núcleo de desenvolvimento de software em Fortaleza, onde conta com mais de 100 pessoas em sua equipe de software, tendo como sua principal área de atuação serviços para o governo.

- A empresa "B", criada em 2007 com sede no Brasil, também atua em vários países da América, como EUA, Canadá e Argentina. É especialista em implementação de plataformas e suporte a riscos, com o foco exclusivo em serviços de tecnologia de mercado de capitais.

Presente em Fortaleza, a empresa conta com uma equipe de software entre 51 e 100 pessoas e sua principal área de atuação está em serviços financeiros.

- A empresa "C", localizada em Washington nos Estados Unidos, foi fundada em 1974 e tem como principal área de atuação a criação de serviços para comu-

nicação. Esta empresa possui uma equipe de software formada entre 6 a 20 pessoas.

- A empresa "D", uma multinacional de consultoria e tecnologia, estando presente em diversos países. Fundada em 1993, conta com mais de 37.000 profissionais no mundo, focados em desenvolver soluções e serviços tecnológicos para diversos setores, como transporte, energia, indústria, serviços financeiros, segurança, mídia, entre outros. Desenvolve atividades no Brasil desde 1996 com mais de 7.500 profissionais. No Brasil possui sede em São Paulo e escritórios em vários estados brasileiros.

Seu escritório em Fortaleza, conta com uma equipe de software de mais de 100 pessoas, disponibilizando aos seus clientes serviços que inclui desde a consultoria, o desenvolvimento de projetos e a integração de sistemas e aplicações.

- A empresa "E" está localizada em Santiago no Chile, tem foco em serviços de suporte e gerenciamento para organizações no mercado financeiro, esta empresa possui um equipe de software de até 5 pessoas.

3.2 Análise Inicial

A análise dos resultados parte inicialmente da identificação das empresas pesquisadas, caracterizando seu contexto e a forma de organização em seu ambiente de desenvolvimento. Posteriormente, as respostas de cada empresa aos questionamentos são interpretadas e analisadas.

Para se compreender o funcionamento das empresas, foi questionado quais as metodologias utilizadas no desenvolvimento, a utilização do CMMI, o tamanho da equipe de software e a sua área de atuação.

Sobre a adoção das metodologias ágeis e a relação quanto aos benefícios trazidos, as empresas avaliaram 10 quesitos gerais, classificando-os em uma escala que vai de evolução considerável, quando houve uma melhora significativa neste quesito, até agravamento considerável, quando ao invés de melhoras, foi constatado uma piora no quesito ao se aderir o modelo ágil nesta empresa. Os quesitos propostos são descritos abaixo:

- (i) Produtividade: A relação entre a produção de software e diversos fatores, como lucratividade, desempenho e eficiência.
- (ii) Visibilidade do Projeto: Capacidade de manter a visibilidade e o controle ao longo do processo de desenvolvimento de software.

- (iii) Qualidade do Software: Sistema produzido corretamente, atendendo as necessidades do cliente e satisfazendo assim suas especificações.
- (iv) Redução de Custos: Capacidade de um sistema ser concluído dentro do orçamento determinado.
- (v) Redução de Riscos: Capacidade de redução das perdas relacionadas à ocorrência de um evento negativo que afete o próprio projeto, seu processo ou o seu produto.
- (vi) Redução de Falhas: A capacidade de redução das falhas em um sistema, com a finalidade de executá-lo de acordo com as especificações definidas.
- (vii) Simplificação do Desenvolvimento de Software: Simplificação no desenvolvimento, sem a perda de nenhuma funcionalidade necessária para um software de qualidade.
- (viii) Gerenciamento de Mudanças e Prioridades: Gerenciar as mudanças necessárias, assegurando que estas sejam executadas por meio de métodos padronizados, minimizando os riscos e impactos.
- (ix) Manutenibilidade/Extensibilidade do Software: Facilidade de mudanças no software para corrigir defeitos ou atender a novos requisitos, sendo fácil de se adaptar às novas especificações.
- (x) Comunicação entre os Envolvidos no Projeto: O compartilhamento contínuo de informações entre os membros da equipe.

Essa avaliação tem por objetivo, identificar individualmente em cada quesito, quais apresentaram melhoras ao se aderir métodos ágeis na organização. Os resultados individuais de cada empresa são descritos abaixo.

- Empresa A:
A utilização da metodologia ágil Scrum nessa empresa trouxe como melhora os quesitos de (ii) Visibilidade do Projeto e (x) Comunicação entre os envolvidos. A empresa avalia que nos outros oito quesitos propostos não foram encontrados nenhum benefício ao utilizar este método ágil em seus projetos. Nota-se que com uma equipe de software relativamente grande, a comunicação entre os envolvidos nessa empresa se torna algo fundamental para o sucesso do projeto.
- Empresa B:

A metodologia ágil Scrum nesta empresa possibilitou uma melhora significativa nos quesitos de (iv) Redução de Custos, (vii) Simplificação no Desenvolvimento e (x) Comunicação entre os envolvidos.

A empresa avalia que os quesitos de (i) Produtividade, (ii) Visibilidade do Projeto, (iii) Qualidade do Software, (v) Redução de Riscos, (viii) Gerenciamento de Mudanças e (ix) Extensibilidade do Software, como pontos em que se houve uma evolução. No quesito (v) Redução de Riscos, a empresa avalia que não houve nenhum benefício ao se utilizar Scrum.

- Empresa C:

Esta empresa não utiliza nenhuma metodologia ágil em seus projeto e não argumentou os fatores para tal escolha.

- Empresa D:

A metodologia desta empresa é baseada em threads que combinadas com metodologias ágeis, facilitam o gerenciamento de mudanças, reduzem os riscos associados, controlam os custos, a qualidade e o gerenciamento dos projetos.

Assim, a utilização das metodologias Scrum e XP em seus projetos beneficiou significativamente os quesitos de (iii) Qualidade do Software, (iv) Redução dos Custos, (vi) Redução de Falhas, (vii) Simplificação no Desenvolvimento, (viii) Gerenciamento de Mudanças e (x) Comunicação entre os envolvidos.

Segundo a empresa, foi analisado uma melhora nos quesitos (i) Produtividade, (ii) Visibilidade do Projeto e (v) Redução dos Riscos. Não foi encontrado nenhum benefício na (ix) Extensibilidade do Software ao se utilizar os métodos Scrum e XP.

- Empresa E:

Esta empresa utiliza a metodologia Scrum, nos quesitos avaliados por essa empresa, percebeu-se uma melhora significativa na (i) Produtividade, (iv) Redução de Custos e no (viii) Gerenciamento de Mudanças. Já nos outros quesitos propostos, esta empresa avalia que houve uma evolução quanto aos benefícios trazidos na utilização de métodos ágeis em seus projeto.

Em uma análise das respostas apresentadas pelas empresas, nota-se que entre as cinco empresas pesquisadas, apenas uma não utiliza métodos ágeis. Dentre as quatro que responderam aderir a forma ágil, três utilizam o Scrum como ferramenta e a outra Scrum e XP no seu desenvolvimento. Assim, 80% das empresas pesquisadas utilizam algum método ágil, predominando o método Scrum em diversas áreas.

A tabela 8 a seguir mostra os resultados destes questionamentos, associando também cada empresa ao tamanho da equipe de software e a sua principal área de atuação.

Tabela 8: Características das Empresas Pesquisadas

Empresa	Método Utilizado	Tamanho da Equipe de Software	Área de Atuação
Empresa A	Scrum	Mais de 100 pessoas	Governo
Empresa B	Scrum	De 51 a 100 pessoas	Negócios
Empresa C	Não Utiliza	De 6 a 20 pessoas	Comunicação
Empresa D	Scrum e XP	Mais de 100 pessoas	Internet
Empresa E	Scrum	Até 5 pessoas	Negócios

Sobre a análise geral dos quesitos propostos, os resultados encontrados são mostrados nas figuras 3 e 4 a seguir. Estas figuras mostram para cada quesito, o percentual na escala de (i) Evoluiu Consideravelmente; (ii) Evoluiu; (iii) Nenhum Benefício; (iv) Agravou e (v) Agravou Consideravelmente, conforme a avaliação referente a adoção dos métodos ágeis pelas empresas pesquisadas.

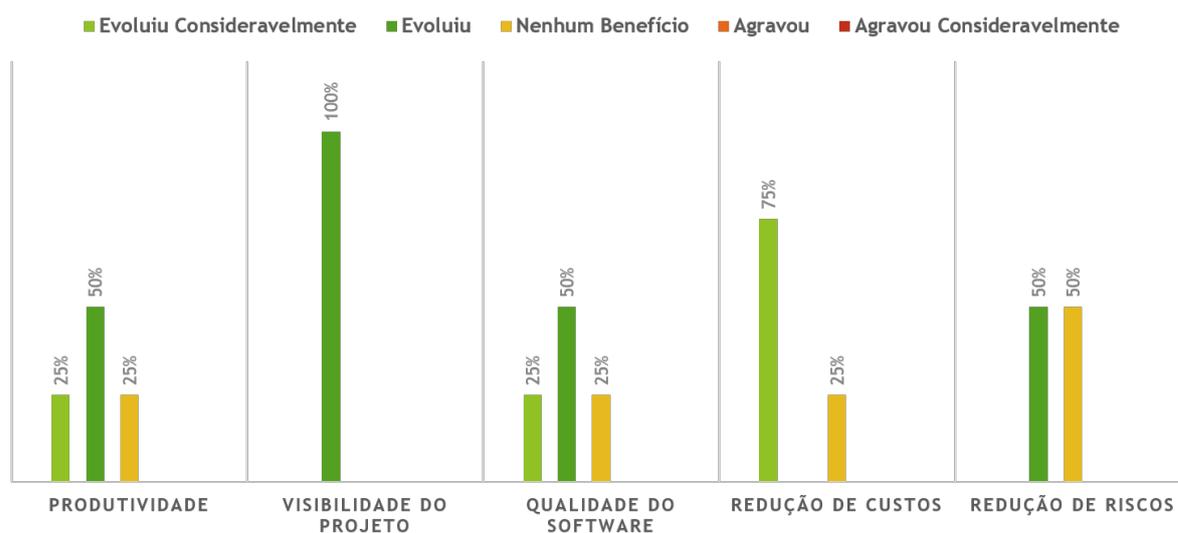


Figura 3: Avaliação Referente a Adoção dos Métodos Ágeis: Conjunto de Quesitos I

Na figura 3, é possível observar que no quesito (i) Produtividade, 50% das empresas que adotam os métodos ágeis atribuem uma melhora, assim como na (iii) Qualidade do Software. A (ii) Visibilidade do Projeto foi avaliada por todas as empresas como um ponto em que a evolução deste item foi constatada. No quesito (iv) Redução dos Custos, apenas 25% das empresa não observou nenhum benefício ao aderir o processo de métodos ágeis. Na (v) Redução de Riscos 50% das empresas não encontram nenhum benefício, já os outros 50% avaliaram que este quesito evoluiu ao se aderir métodos ágeis.

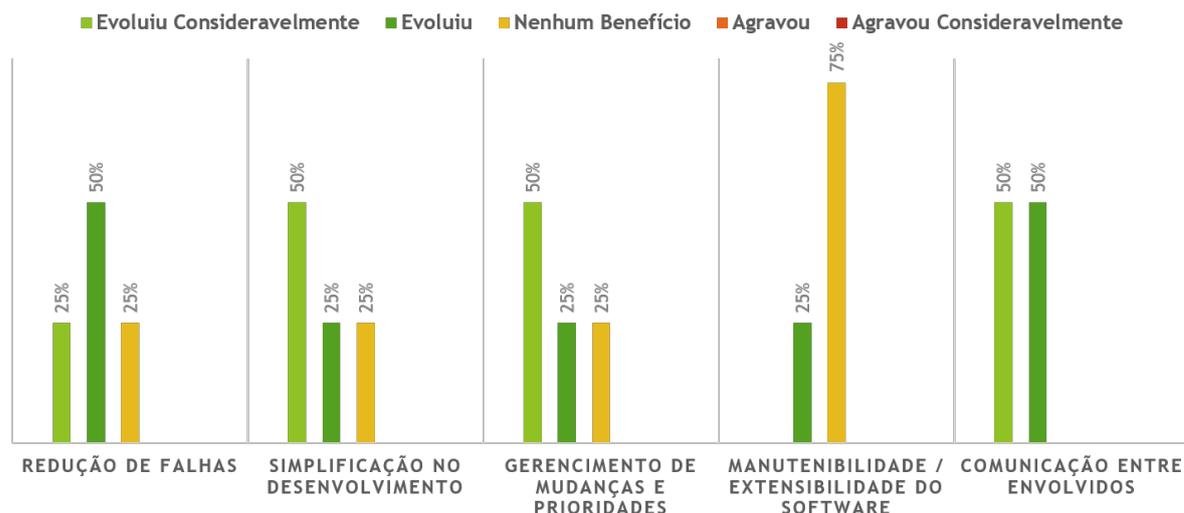


Figura 4: Avaliação Referente a Adoção dos Métodos Ágeis: Conjunto de Quesitos II

Na figura 4, a (vi) Redução de Falhas foi um ponto em que 50% das empresas classificou como um quesito evolutivo, 25% avalia que com a adoção dos métodos ágeis houve uma evolução considerável e os outros 25% não constataram nenhum benefício. A (vii) Simplificação no Desenvolvimento e o (viii) Gerenciamento de Mudanças e Prioridades foram itens classificados pelas empresas em que se notou algum benefício, apenas uma não aferiu nenhuma vantagem nessa utilização. No quesito (ix) Manutenibilidade e Extensibilidade do Software, apenas uma das empresas que utilizam métodos ágeis, constatou algum benefício. Todas as empresas avaliaram como positiva a (x) Comunicação entre os envolvidos no projeto.

Um ponto importante a ser observado é que nenhuma das empresas que utilizam métodos ágeis, classificou algum dos quesitos proposto pela pesquisa como insatisfeito ou que houve algum agravamento ao se aderir o modelo ágil em sua organização.

Utilização do CMMI nas Empresas

Como o modelo CMMI do SEI é a referência mundial na avaliação de qualidade e a aplicação das melhores práticas em desenvolvimento de software, então é de fundamental importância o questionamento sobre sua utilização nas empresas pesquisadas.

Analisando os resultados é possível observar que apenas a “Empresa D”, dentre as cinco empresas pesquisadas, possui a certificação CMMI. Esta avalia como satisfeita uma série de questionamentos sobre a implantação do CMMI.

Os pontos questionados fundamentam as bases do CMMI, como a (i) Padronização dos Processos, o (ii) Gerenciamento dos Processos, a (iii) Qualidade do Soft-

ware, a (iv) Melhora Contínua dos Processos e a (v) Definição e Acompanhamento de Métricas.

A "Empresa D" possui a certificação nível 5, assim é constatado que nessa empresa se consegue uma maior estabilidade e produtividade no software, visto que os erros são praticamente inexistentes. Ao atingir este nível, a empresa demonstra que conta com procedimentos para a gestão de projetos, bem como com técnicas que garantem a qualidade de suas soluções e serviços de software.

Por utilizar as metodologias ágeis XP e Scrum, e possuir o CMMI nível 5, esta empresa foi selecionada para uma análise, com o objetivo de identificar quais atividades devem ser priorizadas pelo decisor da empresa, a partir de um conjunto de atividades propostas, em um cenário de pouco tempo para implementar todas as atividades.

Para uma análise mais profunda nos processos de desenvolvimento da "Empresa D", foi enviado um outro questionário com a intenção de identificar as preferências do decisor em atividades e, a partir destas, obter a ordem de prioridade das atividades com o auxílio do método ZAPROS III. Todo o processo de aplicação do método e obtenção dos resultados encontrados são descritos nas próximas seções.

3.3 Aplicação do Método ZAPROS III

O método ZAPROS III é utilizado neste trabalho para classificação de atividades correspondentes as metodologias ágeis e aos nível do CMMI estudados, conforme as preferências do decisor, resultando em uma lista de atividades, da mais preferível a menos preferível. Isso possibilita o decisor analisar as atividades mais preferíveis e executá-las em um cenário de comprometimento de recursos, tais como tempo, custo e pessoal.

O método foi aplicado utilizando a Ferramenta Aranaú ([TAMANINI; PINHEIRO; CARVALHO, 2007](#)), um software desenvolvido para reproduzir o procedimento do sistema ZAPROS III, reduzindo sua complexidade e inconsistências.

Pela definição ([LARICHEV, 2001](#)), após definir o problema é preciso identificar os critérios que auxiliam na comparação das alternativas pelo decisor, no qual para cada critério são estabelecidos valores, estes presentes em uma escala do mais preferível ao menos preferível.

A seguir são definidos os critérios, os valores de critérios e o conjunto de atividades para utilização no método ZAPROS III. Também há um enfoque sobre a elicitación das preferências feitas pelo decisor, destacando todo o processo de seleção dos valores preferíveis para cada critério e a atribuição de valores para as atividades

propostas.

3.3.1 Definição dos Critérios e Seus Valores

Na definição dos critérios para a aplicação no método ZAPROS III, conforme é mostrado nas figuras 9 e 10, foram atribuídos um de conjunto de três critérios e nove valores. Este processo de seleção para os critérios e valores é descrito a seguir.

A seleção de critérios I, prioriza identificar atributos que compreendam aos fundamentos das metodologias ágeis e as áreas de processo do CMMI. O conjunto de atividades presentes nesta seleção também são identificadas a partir de ambos fundamentos.

Na seleção de critérios II, o enfoque está nas áreas de processo do CMMI, os critérios e seus valores, assim como o conjunto de atividades, foram identificados a partir dos princípios e objetivos destas áreas de processo.

Seleção de Critérios I

A figura 9 exibe o resultado da seleção de critérios a partir das Áreas de Processo de Planejamento de Projeto (PP) e Desenvolvimento de Requisitos (RD), fundamentadas respectivamente nos níveis 2 e 3 do CMMI. As características e fundamentos das metodologias ágeis Scrum e XP, utilizadas pela empresa em análise, também foram analisadas para a seleção destes critérios.

A área de processo PP no nível 2 do CMMI tem por objetivo fornecer subsídios para estabelecer e manter planos visando definir as atividades de projeto. Assim, esta área de processo envolve a definição de atividades que visam atingir os objetivos do projeto. Esta área de processo abrange itens como a (i) Elaboração do plano do projeto; (ii) Interação apropriada com as partes interessadas; (iii) Obtenção de comprometimento com o plano do projeto; e (iv) Manutenção do plano do projeto (SEI, 2010).

O objetivo da área de processo RD no nível 3 do CMMI é fornecer subsídios para produzir e analisar os requisitos do cliente, do produto e do componente do produto. Esta área de processo descreve três tipos de requisitos que tratam das necessidades das partes interessadas, sendo eles: (i) Requisitos de cliente, (ii) Requisitos de produto e (iii) Requisitos de componente de Produto (SEI, 2010).

A relação de metas e práticas específicas das áreas de processo PP e RD são mostradas respectivamente nas tabelas 11 e 13, em anexo a este trabalho. Assim, analisando os objetivos e práticas específicas das áreas de processo PP e RD do CMMI, além dos aspectos das metodologias ágeis em análise, resultam no primeiro conjunto de três critérios e valores que são destacados na tabela 9 a seguir.

Tabela 9: Definição dos Critérios e Valores I

Critérios:	Valores:
A. Complexidade em estimar e verificar as informações necessárias para elaboração satisfatória da atividade.	A1. Alta complexidade, pois a atividade requer grande quantidade de informações.
	A2. Moderada complexidade, pois a atividade requer uma quantidade moderada de informações.
	A3. Não há complexidade, pois a atividade requer baixa quantidade de informações.
B. Nível de envolvimento do cliente na definição e acompanhamento da atividade.	B1. O cliente está fortemente envolvido na atividade.
	B2. O cliente está parcialmente envolvido na atividade.
	B3. O cliente raramente está envolvido na atividade.
C. Facilidade no desenvolvimento da atividade, compatível com os requisitos do cliente.	C1. Alta facilidade em fornecer subsídios para produzir e analisar os requisitos dos clientes, dos produtos e de seus componentes.
	C2. Moderada facilidade em fornecer subsídios para produzir e analisar os requisitos dos clientes, dos produtos e de seus componentes.
	C3. Baixa facilidade em fornecer subsídios para produzir e analisar os requisitos dos clientes, dos produtos e de seus componentes.

Em cenários de comprometimento de recursos, tais como prazo, custo e pessoal, o decisor elecita suas preferências conforme as atividades relacionadas as áreas de processo do CMMI e as características fundamentadas nos métodos ágeis, no intuito de não comprometer a qualidade e a agilidade no desenvolvimento do software.

Portanto, após a definição dos critérios e valores, foram identificadas o conjunto de atividades, estas nas quais foram baseadas nos quesitos propostos na Análise Inicial (seção 3.2), nas áreas de processo existentes nos níveis do CMMI (seção 2.2.2) e no conjunto de práticas propostas por Mnkandla e Dwolatzky (MNKANDLA; DWOLATZKY, 2006), conforme mostrado na fundamentação sobre o CMMI no contexto dos Métodos Ágeis (seção 2.4).

Assim, com o objetivo de validar a proposta abordada neste trabalho, identificamos as seguintes atividades referentes aos métodos ágeis e às áreas de processo de Planejamento de Projeto (PP) e Desenvolvimento de Requisitos (RD), fundamentadas nos níveis 2 e 3 do CMMI, respectivamente:

- (i) Definir e Estimar o Escopo e o Ciclo de Vida do Projeto;
- (ii) Estabelecer o Plano de Projeto;
- (iii) Estabelecer o Orçamento e Cronograma;
- (iv) Definir o Plano de Participação das Partes Interessadas.

Seleção de Critérios II

Assim como na primeira seleção de critérios, as áreas de processo do CMMI fundamentaram esta seleção. Na segunda seleção de critérios e valores, foram utilizadas as seguintes áreas de processo do CMMI:

- (i) Garantia da Qualidade de Processo e Produto (PPQA), presente no Nível 2;
- (ii) Foco de Processo Organizacional (OPF), presente no Nível 3;
- (iii) Gerenciamento Quantitativo do Projeto (QPM), presente no Nível 4;
- (iv) Análise e Resolução de Causas (CAR), presente no Nível 5.

A área de processo PPQA no nível 2 tem por objetivo fornecer visibilidade para a equipe e gerência sobre os processos e produtos de trabalho associados. Essa área de processo envolve os itens: (i) Avaliação objetiva dos processos executados, produtos de trabalho e serviços em relação às descrições de processo, padrões e procedimentos aplicáveis; (ii) Identificação e documentação das não conformidades; (iii) Fornecimento de feedback à equipe do projeto e aos gerentes sobre os resultados das atividades de garantia da qualidade; e (iv) Assegurar que as não conformidades sejam tratadas (SEI, 2010).

O foco da área de processo OPF no nível 3 é fornecer subsídios para planejar, implementar e implantar melhorias nos processos da organização com base na compreensão dos pontos fortes e pontos fracos dos processos e dos ativos de processo da organização, identificando também as possíveis melhorias aos processos e ativos de processo da organização a partir de várias fontes (SEI, 2010).

O objetivo da área de processo QPM é gerenciar quantitativamente o projeto para atingir os objetivos estabelecidos de qualidade e de desempenho do processo do projeto. Para isso, é preciso estabelecer, monitorar e manter os objetivos para qualidade e para desempenho de processo no projeto, visando determinar se estes objetivos para qualidade e para desempenho de processos estão sendo satisfeitos (SEI, 2010).

A área de processo CAR visa fornecer subsídios para identificar causas de defeitos e de outros problemas e implementar ações para prevenir sua recorrência. Essa área de processo envolve: (i) a identificação e análise das causas de defeitos e de outros problemas; e (ii) a implementação de ações específicas para remover as causas e prevenir a recorrência desses tipos de defeitos e de problemas (SEI, 2010).

A relação de metas e práticas específicas de cada área de processo presente nessa seleção de critérios está listada respectivamente nas tabelas 12, 14, 15 e 16 em anexo a este trabalho. A análise das áreas de processos citadas acima resultaram

no segundo conjunto de critérios e valores que são destacados na tabela 10 a seguir.

Tabela 10: Definição dos Critérios e Valores II

Critérios:	Valores:
A. Monitoramento da atividade, visando determinar se os objetivos para qualidade e desempenho estabelecidos são satisfeitos e apropriados. Fornecendo também feedback à equipe e aos gerentes com resultados obtidos.	A1. A atividade requer alto gerenciamento de processos e alta agilidade em fornecer resultados.
	A2. A atividade requer moderado gerenciamento de processos e moderada agilidade em fornecer resultados.
	A3. A atividade requer baixo gerenciamento de processos e baixa agilidade em fornecer resultados.
B. Identificar, Analisar e Implementar ações específicas que removam as causas e previnam a recorrência dos defeitos e problemas na atividade	B1. Alta complexidade na identificação e análise de causas de defeitos e na implementação de ações para prevenir sua recorrência.
	B2. Moderada complexidade na identificação e análise de causas de defeitos e na implementação de ações para prevenir sua recorrência.
	B3. Baixa complexidade na identificação e análise de causas de defeitos e na implementação de ações para prevenir sua recorrência.
C. Identificar possíveis melhorias aos processos da organização a partir de várias fontes (medições dos processos, lições aprendidas na implementação dos processos e outros resultados).	C1. Alta complexidade na identificação de melhorias da atividade.
	C2. Moderada complexidade na identificação de melhorias da atividade.
	C3. Baixa complexidade na identificação de melhorias da atividade.

Assim como na seleção de critérios I, após a fase de definição dos critérios e valores, um conjunto de atividades foram indicadas para valoração das preferências do decisor. A seleção dessas atividades foi definida a partir das seguintes áreas de processo do CMMI: (i) Gerenciamento de Risco (RSKM); (ii) Desempenho de Processo Organizacional (OPP); (iii) Verificação (VER); (iv) Validação (VAL) e (v) Acompanhamento e Controle de Projeto (PMC). O conjunto de atividades é citado a seguir, assim como seu processo individual de seleção.

Atividades:

(i) Identificar e Redefinir Potenciais Riscos para o Projeto;

Esta atividade parte da área de processo Gerenciamento de Risco (RSKM) no Nível 3 do CMMI. O SEI destaca que esta área de processo tem como objetivo identificar possíveis problemas antes que eles ocorram. Há um enfoque na garantia de que as atividades deste gerenciamento possam ser planejadas e colocadas em prática quando necessárias, com o intuito de amenizar os impactos indesejáveis na realização dos objetivos do produto ou projeto (SEI, 2010).

(ii) Definir o Processo Organizacional do Projeto;

A atividade de definição do processo organizacional do projeto tem como fundamento a área de processo Desempenho de Processo Organizacional (OPP) presente no Nível 4 do CMMI. Segundo o SEI, esta área de processo tem por objetivo determinar e manter um entendimento quantitativo do desempenho do conjunto de

processos padrão da organização, com a finalidade de alcançar os objetivos de qualidade e desempenho do processo. Essa área também deve fornecer dados referentes ao desempenho do processo, com o propósito de gerenciar quantitativamente os projetos da organização (SEI, 2010).

(iii) Capacidade de Verificação e Validação;

A atividade referente a capacidade de verificação e validação parte de duas áreas de processo fundamentadas no Nível 3 do CMMI: a Verificação e Validação. A área de processo Verificação tem por objetivo assegurar que os produtos de trabalho selecionados atendam aos requisitos especificados. O objetivo da área de processo Validação é demonstrar que um produto ou componente do produto satisfaz ao seu uso pretendido quando colocado no seu ambiente pretendido (SEI, 2010).

(iv) Acompanhar e Controlar o Projeto.

A seleção da atividade de acompanhar e controlar o projeto partiu da área de processo Acompanhamento e Controle de Projeto (PMC) presente no Nível 2 do CMMI. Pela definição, essa área de processo tem a finalidade de fornecer uma percepção do progresso do projeto, com o objetivo de que as devidas ações corretivas possam ser tomadas quando o desempenho do projeto se desviar consideravelmente do plano (SEI, 2010).

3.3.2 Elicitação de Preferências

Após a definição dos critérios, valores dos critérios e atividades propostas, o segundo questionário (seção 3.1.2) foi enviado para a “Empresa D”, pois assim como foi destacado nos resultados da Análise Inicial (seção 3.2), apenas esta empresa possui CMMI e faz uso dos modelos ágeis Scrum e XP em seus projetos.

Os critérios, seus valores e atividades que estão presentes neste questionário, representam uma configuração de um cenário real, no qual o decisor elicitou suas preferências de acordo com as situações questionadas e classificou as atividades conforme os valores destes critérios. As figuras 5 e 6 abaixo, demonstram as preferências do decisor a partir deste cenário.

Pela definição, a melhor alternativa possui sempre um menor valor de FIQ (LARICHEV, 2001). Em decorrência disso, as atividades foram classificadas de acordo com seu valor de FIQ, em uma escala que vai do menor para o maior valor. Esses valores são atribuídos conforme a seleção dos valores de critérios para cada atividade proposta. A representação das preferências do decisor para cada atividade é descrita nos próximos itens.

Preferências I

A definição dos valores no primeiro conjunto de atividades mostra a preferência inicial do decisor pela atividade (iii) Estabelecer o Orçamento e Cronograma. Atividade na qual se foi atribuído valores dos critérios A1; B1; e C1, resultando assim o menor valor possível de FIQ.

Pela preferência, a segunda com o menor valor de FIQ, foi a atividade de (i) Definir e Estimar o Escopo e o Ciclo de Vida do Projeto. O decisor atribuiu os valores A1; B2; e C1 dos critérios, em decorrência disto, a atividade recebeu o valor de FIQ igual a 3.

Rank	Alternativas	Representação	FIQ
1	Estabelecer o Orçamento e Cronograma	A1 B1 C1	0
2	Definir e Estimar o Escopo e Ciclo de Vida do Projeto	A1 B2 C1	3
3	Plano de Participação das Partes Interessadas	A2 B1 C1	5
4	Estabelecer o Plano de Projeto	A2 B2 C2	10

Figura 5: Representação de Preferências I

A terceira atividade com o menor FIQ foi a de (iv) Definir o Plano de Participação das Partes Interessadas. Os valores correspondentes a esta atividade foram A2; B1; e C1, resultando assim em um FIQ igual a 5.

A atividade com o maior valor de FIQ foi a de (ii) Estabelecer o Plano de Projeto. Nesta atividade o decisor atribuiu os valores de critérios A2; B2; e C2, em consequência disso, a atividade recebeu o valor de FIQ igual a 10.

Preferências II

De acordo com as preferências do decisor, as atividades de (i) Identificar e Redefinir Potenciais Riscos para o Projeto; (iii) Capacidade de Verificação e Validação; e (iv) Acompanhar e Controlar o Projeto, receberam os valores de critérios referentes a A1; B1; e C1, resultando assim em um valor de FIQ igual a 0.

Dessa forma, estas três atividades se encontram no top do rank na representação das preferências pelo decisor, pois possuem o menor valor de FIQ possível.

A atividade de (ii) Definir o Processo Organizacional do Projeto, foi avaliada com A1; B1; e C2, diferenciando-se dos valores das outras atividades no critério C, no qual se refere as possíveis melhorias aos processos da organização. A partir dessa avaliação, essa atividade recebeu o valor de FIQ igual a 2, ficando assim na última posição do ranking na representação de preferências.

Rank	Alternativas	Representação	FIQ
1	Capacidade de Verificação e Validação	A1 B1 C1	0
1	Acompanhar e Controlar o Projeto	A1 B1 C1	0
1	Identificar e Redefinir Potenciais Riscos para o Projeto	A1 B1 C1	0
2	Definir o Processo Organizacional do Projeto	A1 B1 C2	2

Figura 6: Representação de Preferências II

3.4 Resultados e Discussão

Após a aplicação de todo o processo do método ZAPROS III, a ferramenta utilizada mostra como resultado a ordem das atividades propostas, segundo a atribuição de valores realizadas de acordo com as preferências decisor. As figuras 7 e 8 a seguir exibem os resultados da comparação das alternativas na Ferramenta Aranaú, alcançando assim, os resultado da elicitación de preferências.

A atividade inicial de Estabelecer o Orçamento e Cronograma é fundamental, uma vez que esta atividade gera inúmeros benefícios, tanto financeiros quanto de qualidade e de produtividade. O gestor desta empresa, a partir desta atividade possui um controle maior do custo e do tempo do projeto, uma vez que, permite a entrega de um produto de forma mais rápida, com menor custo e sem a perda de sua qualidade.

Seguindo a preferência pela atividade de Definir e Estimar o Escopo e o Ciclo de Vida do Projeto. Esta atividade faz parte da área de processo PP no CMMI, que em seus objetivos específicos determinam quais práticas devem ser realizadas. Portanto, ao realizar esta atividade o gestor define o que será realizado no projeto e estima seu ciclo de vida.

Posteriormente a preferência pela atividade de Definir o Plano de Participação das Partes Interessadas, nela o gestor identifica as pessoas, grupos ou organizações

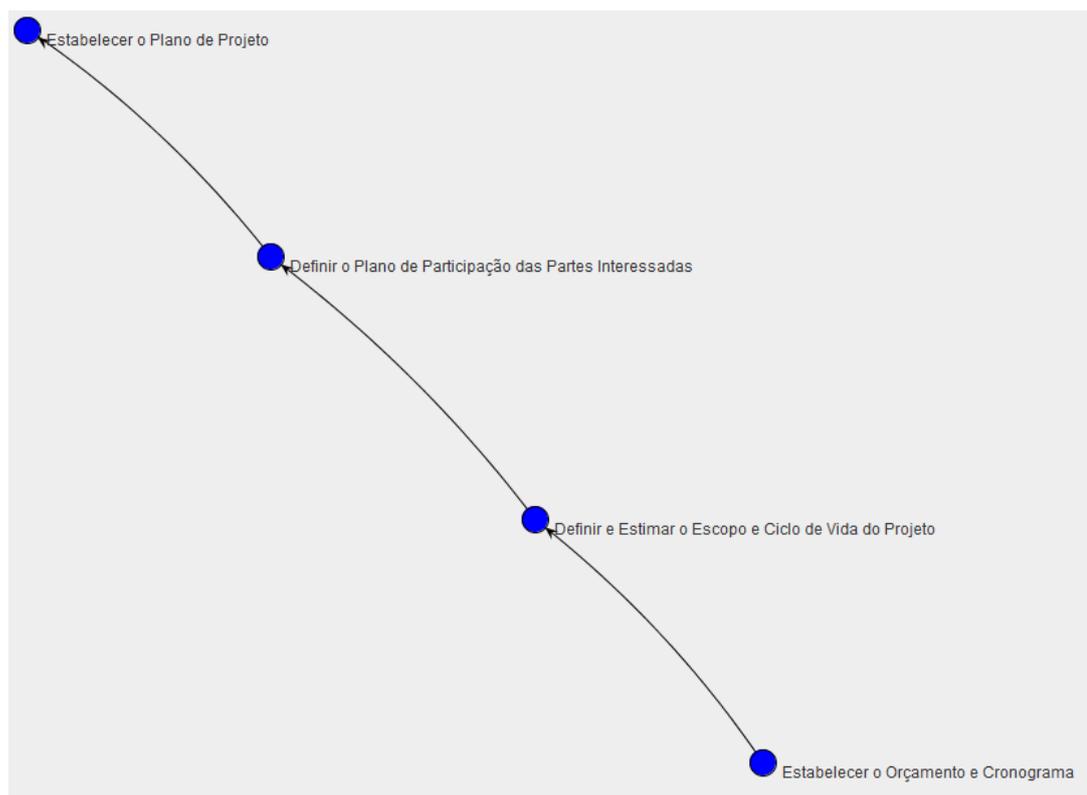


Figura 7: Resultados das Preferências I

que serão impactadas por alguma parte do projeto. O gestor também define quais estratégias de gerenciamento devem ser tomadas para inserir as partes interessadas durante de todo o ciclo de vida do projeto, com o intuito analisar suas necessidades e qual o seu impacto no sucesso do projeto.

Por fim a atividade de Estabelecer o Plano de projeto, engloba um conjunto de outras atividades pertencentes a área de processo PP do CMMI. Este plano é utilizado pelo gestor para planejar as necessidades de recursos, e acompanhar o progresso do projeto, portanto utiliza os fundamentos da atividade proposta de Estabelecer o Orçamento, na qual foi preferível inicialmente. Ao estabelecer este plano, os membro do projeto compreenderem quais funções são responsáveis, em que momento elas devem ser realizadas e de quais outras atividades eles precisam para executá-las.

Desta forma, em situações críticas de recursos, a ordem de prioridade para executar essas atividades, conforme as preferências do decisor seria: (1) Estabelecer o Orçamento e Cronograma; (2) Definir e Estimar o Escopo e Ciclo de Vida do Projeto; (3) Definir o Plano de Participação das Partes Interessadas; e (4) Estabelecer o Plano de Projeto.

A figura 8 ilustra os resultados das preferências do decisor pelo segundo conjunto de atividades propostas. Nota-se o valor igual das preferências pelas atividades de: Identificar e Redefinir Potenciais Riscos para o Projeto; Capacidade de Verificação

e Validação; e Acompanhar e Controlar o Projeto.

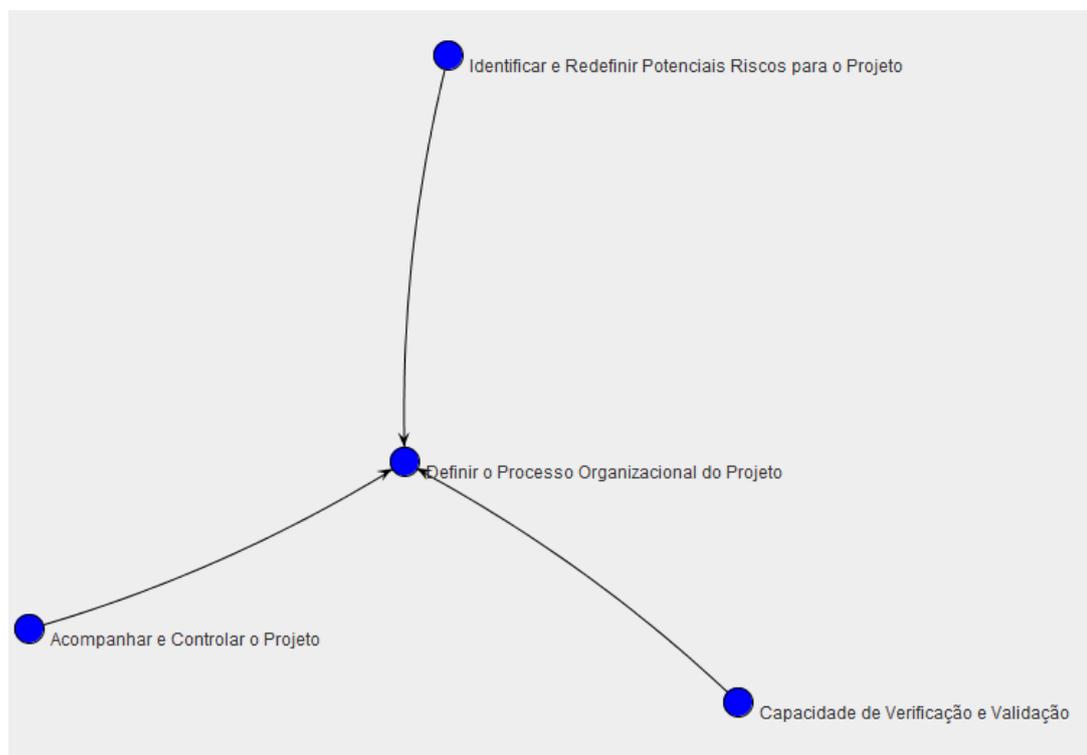


Figura 8: Resultados das Preferências II

Como foi descrito na seleção das atividades, cada atividade do conjunto II partiu de uma área de processo do CMMI, assim, de acordo com as preferências do decisor, as atividades referentes as áreas de processo dos nível 2 e 3 se estabeleceram como preferíveis.

A atividade de Definir o Processo Organizacional do Projeto, fundamentada no nível 4, se tornou a menos preferível. Um motivo para este resultado seria que, como destacado nas Representações do CMMI (seção 2.2.1), a representação em estágios segue uma sequência que não deve ser ignorada, uma vez que cada estágio serve de base próximo. Assim é mostrado nas preferências do decisor, ao optar inicialmente por atividades fundamentadas nos níveis 2 e 3 e posteriormente a atividade referente ao nível 4.

Desta forma, em situações críticas de recursos, a ordem de prioridade para executar essas atividades, conforme as preferências do decisor seria: (1) Acompanhar e Controlar o Projeto; Capacidade de Verificação e Validação; Identificar e Redefinir Potenciais Riscos para o Projeto; e (2) Definir o Processo Organizacional do Projeto.

Por tanto, com os resultados da elicitación de preferências, o decisor pode verificar conforme as atividades propostas neste trabalho, quais devem ser priorizadas em situações críticas durante o desenvolvimento de software. A partir da identificação de novas atividades, deve-se definir seus valores de critérios e aplicá-los no ZAPROS

III, no qual será definido uma nova ordem de prioridade conforme as preferências do decisor.

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresenta por meio de um referencial teórico, conceitos e práticas das metodologias ágeis e do CMMI, ambos temas abordados na execução dos processos de desenvolvimento de software. Uma explanação é apresentada sobre o método ZAPROS III de Análise Verbal de Decisão, método utilizado como ferramenta de apoio a este trabalho. A partir dessa apresentação de conceitos e práticas, estabeleceram-se as bases que fundamentam a proposta deste trabalho.

Inicialmente, com a finalidade de analisar o processo de desenvolvimento de software em empresas de vários setores, verificou-se que 80% das empresas pesquisadas utilizam alguma metodologia ágil e apenas 20% fazem uso do CMMI.

Na pesquisa inicial foi possível constatar que as empresas que adotam os métodos ágeis, classificam como positiva a avaliação de todos os dez quesitos abordados: (i) Produtividade; (ii) Visibilidade do Projeto; (iii) Qualidade do Software; (iv) Redução de Custos; (v) Redução de Riscos; (vi) Redução de Falhas; (vii) Simplificação do Desenvolvimento de Software; (viii) Gerenciamento de Mudanças e Prioridades; (ix) Manutenibilidade/Extensibilidade do Software e (x) Comunicação entre os Envolvidos no Projeto. Deste modo, pode-se afirmar que houve uma melhoria nos processos de desenvolvimento ao empregar métodos ágeis no contexto das empresas pesquisadas.

Porém, como mostrado ao longo do trabalho, uma série de fatores colaboram para que o modelo CMMI não seja adotado pelas organizações, seja pelo seu tamanho, o custo da adoção deste método, ou pelo receio de não haver benefícios rápidos ao projeto. Desta forma, cada vez mais empresas no nosso país adotam o modelo MPS.BR, por se tornar mais vantajoso para as empresas e possuir um menor custo de execução.

Em decorrência dos resultados iniciais apresentados nesta análise, foi possível considerar que a combinação entre metodologias ágeis e o modelo CMMI, assegura de forma benéfica as organizações que pretendem adequar agilidade com os modelos de maturidade.

Posteriormente, após aprofundar a análise em empresas que utilizam algum método ágil e possuem CMMI, este trabalho teve enfoque na dificuldade que empre-

sas de desenvolvimento enfrentam em escolher as atividades associadas as áreas de processo do nível CMMI para implantar um processo funcional ágil ao longo de seu gerenciamento. Com a interação do CMMI e os métodos ágeis, o gerenciamento dos processos pode resultar em possíveis dificuldades decisórias para seus gestores.

A partir desta problemática, com utilização do método ZAPROS III, foi possível ordenar as atividades mais preferíveis, de acordo com os critérios estabelecidos e as preferências dos decisores. Deste modo, os resultados encontrados e discutidos durante este trabalho, servem como exemplos ao destacar soluções mediante a análise dos dados coletados nas empresas.

Como trabalhos futuros destaca-se:

(i) Aplicação de diferentes métodos de Análise Verbal de Decisão conforme os critérios e atividades propostas, podendo assim ser comparados para proporcionar uma visão diferente destes resultados.

(ii) Definição de diferentes critérios, valores e atividades, aplicadas também em métodos de Análise Verbal de Decisão para novas preferências e distintos resultados;

(iii) Aplicação em um número maior de empresas que utilizam CMMI e com empresas que utilizam o método MPS.BR.

(iv) Por fim, aprofundar a avaliação em organizações que utilizam algum método ágil e pretendem se adequar aos modelos do CMMI. Identificando assim, possíveis melhorias no processo de desenvolvimento de software que não foram propostas neste trabalho.

Referências

ABRAHAMSSON, P. et al. *Agile software development methods: Review and analysis*. [S.l.]: VTT Finland, 2002. Citado na página 39.

ALEGRIA, J. A. H.; BASTARRICA, M. C. Implementing cmmi using a combination of agile methods. *CLEI electronic Journal*, Citeseer, v. 9, n. 1, p. 1–15, 2006. Citado na página 44.

AMARAL, M. A. I. *Implantação de Melhoria de Processos de Software com CMMI-DEV Nível 2 - Planejamento Baseado em Exemplos*. [S.l.]: IFPB, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 44 e 45.

ANDERSON, D. J. *Microsoft Corporation - Expandindo o Agile para se adequar ao CMMI Nível 3*. 2015. Disponível em: <<http://msdn.microsoft.com/pt-br/library/cc517970.aspx>>. Acesso em: 16 mar. 2016. Citado na página 43.

BECK, K.; ANDRES, C. *Extreme Programming Explained: Embrace Change*. [S.l.]: Pearson Education, 2005. Citado na página 37.

BECK, K. et al. Manifesto for agile software development. 2001. Citado 4 vezes nas páginas 36, 38, 39 e 41.

BOEHM, B.; TURNER, R. Using risk to balance agile and plan-driven methods. *Computer*, IEEE, v. 36, n. 6, p. 57–66, 2003. Citado na página 41.

CMMI, I. Cmmi® appraisal results 2011. Software Engineering Institute, 2011. Citado na página 30.

CMMI, I. Cmmi® appraisal results 2012. Software Engineering Institute, 2012. Citado na página 30.

CMMI, I. Cmmi® maturity profile reports 2013. Software Engineering Institute, 2013. Citado na página 30.

CMMI, I. Cmmi® annual report to partners. 2016. Citado 3 vezes nas páginas 11, 29 e 30.

CMMI, I. *Published CMMI® Appraisal Results*. 2017. Disponível em: <<https://sas.cmmiinstitute.com/pars/>>. Acesso em: 10 jan. 2017. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 31.

COCKBURN, A. *Crystal clear: a human-powered methodology for small teams*. [S.l.]: Pearson Education, 2004. Citado na página 40.

COHN, M. *Desenvolvimento de software com Scrum: aplicando métodos ágeis com sucesso*. [S.l.]: Grupo A-Bookman, 2000. Citado na página 33.

- FILHO, W. de P. P. *Engenharia de software*. [S.l.]: LTC, 2003. Citado na página 43.
- FOWLER, M. The new methodology. *Wuhan University Journal of Natural Sciences*, Springer, v. 6, n. 1-2, p. 12–24, 2001. Citado na página 31.
- FOWLER, M.; HIGHSMITH, J. The agile manifesto. *Software Development*, [San Francisco, CA: Miller Freeman, Inc., 1993-, v. 9, n. 8, p. 28–35, 2001. Citado na página 31.
- GLAZER, H. et al. Cmmi or agile: why not embrace both! 2008. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 44.
- GOLDBARG, M. C. Qualidade substantiva: aplicações à educação. *RJ: BookMark*, 2000. Citado na página 42.
- GOMES, L. Teoria da decisão. thomson learning, são paulo (2007). *Gomes, LFAM*, 2007. Citado 3 vezes nas páginas 16, 18 e 19.
- GOMES, L.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. Tomada de decisão em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. *São Paulo: Pioneira Thomson Learning*, v. 107, 2004. Citado na página 19.
- GRECO, S.; FIGUEIRA, J.; EHRGOTT, M. Multiple criteria decision analysis. *Springer's International series*, Springer, 2005. Citado na página 19.
- HASTIE, S.; WOJEWODA, S. Standish group 2015 chaos report-q&a with jennifer lynch. *Retrieved*, v. 1, n. 15, p. 2016, 2015. Citado na página 15.
- HIGHSMITH, J. *Extreme programming, e-business Application Delivery*, vol. [S.l.]: XII, 2000. Citado na página 37.
- HUO, M. et al. Software quality and agile methods. In: IEEE. *Computer Software and Applications Conference, 2004. COMPSAC 2004. Proceedings of the 28th Annual International*. [S.l.], 2004. p. 520–525. Citado na página 41.
- ISO, N. 9000: 2000–sistemas de gestão da qualidade–fundamentos e vocabulário. *Rio de Janeiro: ABNT*, 26p, 2000. Citado na página 41.
- IT, F. *Com 2,2 mil avaliações, modelo CMMI bate recorde em 2016*. 2017. Disponível em: <<http://www.itforum365.com.br/gestao/com-22-mil-avaliacoes-modelo-cmmi-bate-recorde-em-2016>>. Acesso em: 09 mar. 2017. Citado na página 29.
- JR, H. E. *Engenharia de Software na prática*. [S.l.]: Novatec Editora, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 27.
- LARICHEV, O.; MOSHKOVICH, H. Zapros-Im—a method and system for ordering multiattribute alternatives. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 82, n. 3, p. 503–521, 1995. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.
- LARICHEV, O.; ZUEV, Y. A.; GNEDENKO, L. Method zapros (closed procedures near reference situations) for the analysis of variants of complex decisions. *Multicriteria Choice for the Solution of Ill-structured Problems, Moscow: VNIISI Proceedings*, v. 5, p. 83–97, 1978. Citado na página 20.

- LARICHEV, O. I. Ranking multicriteria alternatives: The method zapros iii. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 131, n. 3, p. 550–558, 2001. Citado 5 vezes nas páginas [20](#), [21](#), [22](#), [54](#) e [59](#).
- LARICHEV, O. I.; MOSHKOVICH, H. M. *Verbal decision analysis for unstructured problems*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2013. Citado na página [20](#).
- LARMAN, C. *Agile and iterative development: a manager's guide*. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2004. Citado na página [36](#).
- LOOTSMA, F. A. *Multi-criteria decision analysis via ratio and difference judgement*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2007. Citado na página [19](#).
- MACHADO, T. Towards aided by multicriteria support methods and software development: A hybrid model of verbal decision analysis for selecting approaches of project management. *Graduate Program in Applied Informatics, University of Fortaleza*, 2012. Citado 2 vezes nas páginas [44](#) e [45](#).
- MNKANDLA, E.; DWOLATZKY, B. Defining agile software quality assurance. In: IEEE. *Software Engineering Advances, International Conference on*. [S.l.], 2006. p. 36–36. Citado 3 vezes nas páginas [41](#), [42](#) e [56](#).
- MOSHKOVICH, H. M.; MECHITOV, A. I.; OLSON, D. L. Ordinal judgments in multiattribute decision analysis. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 137, n. 3, p. 625–641, 2002. Citado na página [19](#).
- PINHEIRO, P. et al. Zapros Im aplicado ao processo de industrialização da castanha de caju. *XXVI ENEGEP*, 2006. Citado na página [20](#).
- PRESSMAN, R. S. (Ed.). *Engenharia de software - Uma Abordagem Profissional*. São Paulo: AMGH Editora, 2011. Citado 9 vezes nas páginas [23](#), [24](#), [26](#), [32](#), [33](#), [34](#), [38](#), [40](#) e [41](#).
- PRIKLADNICKI, R.; WILLI, R.; MILANI, F. *Métodos ágeis para desenvolvimento de software*. [S.l.]: Bookman Editora, 2014. Citado 4 vezes nas páginas [15](#), [34](#), [35](#) e [36](#).
- RECH, P. J. *Gerenciamento de riscos em projetos de desenvolvimento de software com Scrum*. Dissertação (Mestrado) — Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2013. Citado na página [41](#).
- RESS, A. P. P. d. M. *Um estudo sobre a integração CMMI e desenvolvimento ágil*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2013. Citado 2 vezes nas páginas [44](#) e [45](#).
- RODRIGUES, G. L. V.; GOMES, L. F. A. M.; LUCAS, S. F. Marketing para o varejo: O método zapros-Im. *Revista Pretexto*, v. 13, n. 1, 2012. Citado na página [19](#).
- SCHWABER, K.; BEEDLE, M. *Agile Software Development with Scrum*. [S.l.: s.n.], 2002. Citado 3 vezes nas páginas [33](#), [34](#) e [35](#).
- SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. *Guia do Scrum. Um guia definitivo do Scrum: As regras do jogo*. [S.l.]: Scrum.Org and ScrumInc, 2016. Citado 3 vezes nas páginas [33](#), [34](#) e [35](#).

SEI, C. P. Cmmi® for development, version 1.3, improving processes for developing better products and services. no. *CMU/SEI-2010-TR-033. Software Engineering Institute*, 2010. Citado 15 vezes nas páginas [12](#), [16](#), [24](#), [25](#), [26](#), [27](#), [28](#), [29](#), [55](#), [57](#), [58](#), [59](#), [80](#), [81](#) e [82](#).

STAPLES, M. et al. *An exploratory study of why organizations do not adopt CMMI*. [S.l.]: Elsevier, 2007. 883–895 p. Citado na página [44](#).

TAKEUCHI, H.; NONAKA, I. 16 the new new product development game. *Japanese Business*, Routledge, v. 64, n. 1, p. 321, 1998. Citado na página [33](#).

TAMANINI, I. Improving the zapros method considering the incomparability cases. *Master's thesis, Graduate Program in Applied Informatics, University of Fortaleza*. [Links], Citeseer, 2010. Citado na página [21](#).

TAMANINI, I.; PINHEIRO, P.; CARVALHO, A. *Aranau Software: A New Tool of the Verbal Decision Analysis*. [S.l.], 2007. Citado na página [54](#).

TEAM, C. P. Capability maturity model® integration (cmmi), version 1.1—continuous representation. 2002. Citado 2 vezes nas páginas [23](#) e [24](#).

TEAM, C. P. Cmmi for development, version 1.2. 2006. Citado na página [24](#).

TELES, V. M. Extreme programming: Aprenda como encantar seus usuários desenvolvendo software com agilidade e alta qualidade. *Novatec, ISBN 8575220470*, 2004. Citado na página [37](#).

WEBER, K. C. et al. Modelo de referência para melhoria de processo de software: uma abordagem brasileira. In: *XXX Conferencia Latinoamericana de Informatica (CLEI2004), Sesión*. [S.l.: s.n.], 2004. v. 13, p. 20–10. Citado na página [30](#).

Apêndices

Apêndice - Questionários

A seguir, encontram-se os questionários usados para levantamento de dados nas empresas pesquisadas.

O primeiro questionário é composto por perguntas referentes as empresas e a seus processos de desenvolvimento, além de um enfoque na utilização do CMMI e das metodologias ágeis, assim como foi destacado na seção [3.1.2](#).

O segundo, enviados as empresas que utilizam CMMI e Métodos Ágeis, é composto por perguntas para o levantamento das preferências do decisor, além da atribuição dos valores de acordo com situações expostas ao longo do questionário. A seção [3.1.2](#), aprofunda o enfoque deste questionário.

Pesquisa sobre CMMI e as Metodologias Ágeis

Pesquisa integrada ao trabalho de conclusão de curso na graduação em Ciências da Computação, composto por perguntas referentes a organização pesquisada, as metodologias ágeis e o CMMI. Qualquer dúvida ou questionamento entrar em contato pelo e-mail: wallas.silva@hotmail.com

1. Nome da Empresa:

2. Onde sua organização está localizada (Cidade / Estado / País)?

3. Qual o tamanho total da equipe de software em sua organização? (incluindo todos os aspectos de desenvolvimento de software e de entrega)

Marcar apenas uma oval.

- Até 5 Pessoas
- De 6 a 20 pessoas
- De 21 a 50 Pessoas
- De 51 a 100 Pessoas
- Mais de 100 Pessoas

4. Qual a principal área de atuação da sua organização?

Marcar apenas uma oval.

- Científico
- Armazenamento
- Educação
- Comunicação
- Escritório / Negócios
- Governo
- Internet
- Jogos / Entretenimento
- Mobile
- Multimídia
- Segurança
- Outro: _____

5. Qual método ágil a organização utiliza?

Marque todas que se aplicam.

- Não utilizamos Métodos Ágeis
- Scrum
- XP
- Scrum / XP
- Crystal
- Outro: _____

6. Avaliação quanto aos benefícios trazidos com a adoção da metodologia adotada:

Marcar apenas uma oval por linha.

	Melhorou significativamente	Melhorou	Nenhum benefício	Piorou	Piorou muito	N/A
Produtividade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Visibilidade do Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Qualidade do Software	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de Custos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de Riscos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de Falhas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Simplificação do Desenvolvimento de Software	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capacidade de Gerenciar Mudanças e Prioridades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manutenibilidade/Extensibilidade do Software	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comunicação entre Envolvidos no Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Empresa possui CMMI?

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

8. Avaliação quanto aos benefícios na implantação do CMMI (caso não utilizem CMMI preencha com "N/A"):

Marcar apenas uma oval por linha.

	Insatisfeito	Satisfeito	Nem satisfeito, nem insatisfeito	Muito Satisfeito	N/A
Padronização dos Processos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gerenciamento dos Processos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Qualidade do Software	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhora Contínua dos Processos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Definição e Acompanhamento de Métricas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obrigado!

Questionário

Pesquisa integrada ao trabalho de conclusão de curso na graduação em Ciências da Computação, composto por perguntas referentes ao CMMI, XP e Scrum. Nele são apresentados duas tabelas compostas por critérios e valores, onde ao longo do questionário são mostradas situações e questionamentos, esses que devem ser respondidas conforme sua preferência. Ao final do questionário se deve adicionar valores há um conjunto de atividades quem abrange áreas do CMMI e dos métodos ágeis. Qualquer dúvida ou questionamento entrar em contato pelo e-mail: wallas.silva@hotmail.com

*Obrigatório

Análise de Preferências de Métodos Ágeis com o CMMI

Tabela com Critérios e Valores

Critérios:	Valores:
A. Complexidade em estimar e verificar as informações necessárias para elaboração satisfatória da atividade.	A1. Alta complexidade, pois a atividade requer grande quantidade de informações.
	A2. Moderada complexidade, pois a atividade requer uma quantidade moderada de informações.
	A3. Não há complexidade, pois a atividade requer baixa quantidade de informações.
B. Nível de envolvimento do cliente na definição e acompanhamento da atividade.	B1. O cliente está fortemente envolvido na atividade.
	B2. O cliente está parcialmente envolvido na atividade.
	B3. O cliente raramente está envolvido na atividade.
C. Facilidade no desenvolvimento da atividade, compatível com os requisitos do cliente.	C1. Alta facilidade em fornecer subsídios para produzir e analisar os requisitos dos clientes, dos produtos e de seus componentes.
	C2. Moderada facilidade em fornecer subsídios para produzir e analisar os requisitos dos clientes, dos produtos e de seus componentes.
	C3. Baixa facilidade em fornecer subsídios para produzir e analisar os requisitos dos clientes, dos produtos e de seus componentes.

EX: Tendo as seguintes Situações (1 e 2):

1. - Situação 1: Critério B (Valor B1) - Situação 2 : Critério B (Valor B3). Com base nos critérios "A" e "C", selecione a alternativa mais preferível para as duas situações: *
- Marcar apenas uma oval.*

- A3 e C1
- A2 e C3
- As opções são equivalentes.

- Indique qual o valor da atividade conforme os critérios mostrados na tabela

Ex.: Na atividade "Estabelecer o Plano de Projeto", no Critério "B" ela tem valor B3.

Preferências de Valores do Critério "A" nas Atividades:

Selecione o valor do critério A para cada atividade abaixo

2. *Marcar apenas uma oval por linha.*

	A1	A2	A3
Definir e Estimar o Escopo e o Ciclo de Vida do Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estabelecer o Plano de Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estabelecer o Orçamento e Cronograma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Definir o Plano de Participação das Partes Interessadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Preferências de Valores do Critério "B" nas Atividades:

Selecione o valor do critério B para cada atividade abaixo

3. *Marcar apenas uma oval por linha.*

	B1	B2	B3
Definir e Estimar o Escopo e o Ciclo de Vida do Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estabelecer o Plano de Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estabelecer o Orçamento e Cronograma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Definir o Plano de Participação das Partes Interessadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Preferências de Valores do Critério "C" nas Atividades:

Selecione o valor do critério C para cada atividade abaixo

4. *Marcar apenas uma oval por linha.*

	C1	C2	C3
Definir e Estimar o Escopo e o Ciclo de Vida do Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estabelecer o Plano de Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estabelecer o Orçamento e Cronograma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Definir o Plano de Participação das Partes Interessadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Análise de Preferências de Métodos Ágeis com o CMMI

Tabela com Critérios e Valores

Critérios:	Valores:
A. Monitoramento da atividade, visando determinar se os objetivos para qualidade e desempenho estabelecidos são satisfeitos e apropriados. Fornecendo também feedback à equipe e aos gerentes com resultados obtidos.	A1. A atividade requer alto gerenciamento de processos e alta agilidade em fornecer resultados.
	A2. A atividade requer moderado gerenciamento de processos e moderada agilidade em fornecer resultados.
	A3. A atividade requer baixo gerenciamento de processos e baixa agilidade em fornecer resultados.
B. Identificar, Analisar e Implementar ações específicas que removam as causas e previnam a recorrência dos defeitos e problemas na atividade	B1. Alta complexidade na identificação e análise de causas de defeitos e na implementação de ações para prevenir sua recorrência.
	B2. Moderada complexidade na identificação e análise de causas de defeitos e na implementação de ações para prevenir sua recorrência.
	B3. Baixa complexidade na identificação e análise de causas de defeitos e na implementação de ações para prevenir sua recorrência.
C. Identificar possíveis melhorias aos processos da organização a partir de várias fontes (medições dos processos, lições aprendidas na implementação dos processos e outros resultados).	C1. Alta complexidade na identificação de melhorias da atividade.
	C2. Moderada complexidade na identificação de melhorias da atividade.
	C3. Baixa complexidade na identificação de melhorias da atividade.

EX: Tendo as seguintes Situações (1 e 2):

5. - Situação 1: Critério B (Valor B1) e Critério C (Valor C1) - Situação 2 : Critério B (Valor B3) e Critério C (Valor C3) Comparando duas variações de qualidade para o critério "A", selecione a alternativa mais preferível: *

Marcar apenas uma oval.

- De A1 para A2
 De A1 para A3
 As opções são equivalentes.

- Indique qual o valor da atividade conforme os critérios mostrados na tabela

Ex.: Na atividade "Identificar Riscos", no Critério "A" ela tem valor A2

Preferências de Valores do Critério "A" nas Atividades:

Selecione o valor do critério A para cada atividade abaixo

6. Marcar apenas uma oval por linha.

	A1	A2	A3
Identificar e Redefinir Potenciais Riscos para o Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Definir o Processo Organizacional do Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capacidade de Verificação e Validação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acompanhar e Controlar o Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Preferências de Valores do Critério "B" nas Atividades:

Selecione o valor do critério B para cada atividade abaixo

7. Marcar apenas uma oval por linha.

	B1	B2	B3
Identificar e Redefinir Potenciais Riscos para o Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Definir o Processo Organizacional do Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capacidade de Verificação e Validação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acompanhar e Controlar o Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Preferências de Valores do Critério "C" nas Atividades:

Selecione o valor do critério C para cada atividade abaixo

8. Marcar apenas uma oval por linha.

	C1	C2	C3
Identificar e Redefinir Potenciais Riscos para o Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Definir o Processo Organizacional do Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capacidade de Verificação e Validação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Identificar e Redefinir as Prioridades de Risco do Projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anexos

ANEXO A - Tabelas com Metas e Práticas Específicas das Áreas de Processo do CMMI

As tabelas 11, 12, 13, 14, 15 e 16 a seguir, apresentam as metas e as práticas específicas das áreas de processo do CMMI utilizadas. O itens *Specific Goal* (SG) presentes nas tabelas são os objetivos específicos de cada área de processo e as *Specific Practices* (SP) são as práticas específicas para cada objetivo (SEI, 2010).

Tabela 11: Relação de Metas e Práticas Específicas da Área de Processo (PP) [Fonte: (SEI, 2010)]

Planejamento do Projeto (PP)	
SG 1	Estabelecer Estimativas
SP 1.1	Estimar o Escopo do Projeto
SP 1.2	Estabelecer Estimativas de Atributos de Produto de Trabalho e Tarefa
SP 1.3	Definir Fases do Ciclo de Vida do Projeto
SP 1.4	Estimativa de Esforço e Custo
SG 2	Desenvolver um Plano de Projeto
SP 2.1	Estabelecer o Orçamento e o Calendário
SP 2.2	Identificar Riscos do Projeto
SP 2.3	Planejar a Gestão de Dados
SP 2.4	Planejar os Recursos do Projeto
SP 2.5	Plano Necessário Conhecimentos e Competências
SP 2.6	Planejar Envolvimento dos Stakeholders
SP 2.7	Estabelecer o Plano do Projeto
SG 3	Obter Compromisso com o Plano
SP 3.1	Revisão de Planos que Afetam o Projeto
SP 3.2	Reconciliar os Níveis de Trabalho e Recursos
SP 3.3	Obter Compromisso do Plano

Tabela 12: Relação de Metas e Práticas Específicas da Área de Processo (PPQA) [Fonte: (SEI, 2010)]

Garantia da Qualidade de Processo e Produto (PPQA)	
SG 1	Avaliar Objetivamente Processos e Produtos de Trabalho
SP 1.1	Avaliar Objetivamente os Processos
SP 1.2	Avaliar Objetivamente Produtos de Trabalho
SG 2	Fornecer Visibilidade
SP 2.1	Comunicar e Assegurar a Solução de Não conformidades
SP 2.2	Estabelecer Registros

Tabela 13: Relação de Metas e Práticas Específicas da Área de Processo (RD) [Fonte: (SEI, 2010)]

Desenvolvimento de Requisitos (RD)	
SG 1	Desenvolver Requisitos do Cliente
SP 1.1	Elicitar Necessidades
SP 1.2	Transformar Necessidades das Partes Interessadas em Requisitos do Cliente
SG 2	Desenvolver Requisitos do Produto
SP 2.1	Estabelecer Requisitos de Componentes de Produtos e Produto
SP 2.2	Atribuir Requisitos de Componentes de Produto
SP 2.3	Identificar Requisitos de Interface
SG 3	Analisar e Validar Requisitos
SP 3.1	Estabelecer Conceitos Operacionais e Cenários
SP 3.2	Estabelecer uma Definição de Funcionalidade e Atributos de Qualidade Necessários
SP 3.3	Analisar Requisitos
SP 3.4	Analisar Requisitos Visando ao Balanceamento
SP 3.5	Validar Requisitos

Tabela 14: Relação de Metas e Práticas Específicas da Área de Processo (OPF) [Fonte: (SEI, 2010)]

Foco de Processo Organizacional (OPF)	
SG 1	Determinar Oportunidades de Melhoria de Processo
SP 1.1	Estabelecer Necessidades de Processo da Organização
SP 1.2	Avaliar os Processos da Organização
SP 1.3	Identificar Melhorias para os Processos da Organização
SG 2	Planejar e Implementar Melhorias de Processo
SP 2.1	Estabelecer Planos de Ação de Processo
SP 2.2	Implementar Planos de Ação de Processo
SG 3	Implantar os Ativos de Processo da Organização e Incorporar Lições Aprendidas
SP 3.1	Implantar Ativos de Processo da Organização
SP 3.2	Implantar Processos-Padrão
SP 3.3	Monitorar Implementação
SP 3.4	Incorporar Experiências Relacionadas a Processo nos Ativos de Processo da Organização

Tabela 15: Relação de Metas e Práticas Específicas da Área de Processo (QPM) [Fonte: (SEI, 2010)]

Gerenciamento Quantitativo do Projeto (QPM)	
SG 1	Preparar para a Gestão Quantitativa
SP 1.1	Estabelecer os Objetivos do Projeto
SP 1.2	Composição do Processo Definido
SP 1.3	Selecionar Subprocessos e Atributos
SP 1.4	Selecionar Medidas e Técnicas Analíticas
SG 2	Gerenciar Quantitativamente o Projeto
SP 2.1	Monitorar o Desempenho de Subprocessos Selecionados
SP 2.2	Gerenciar o Desempenho do Projeto
SP 2.3	Realizar Análise de Causa

Tabela 16: Relação de Metas e Práticas Específicas da Área de Processo (CAR) [Fonte: (SEI, 2010)]

Análise e Resolução de Causas (CAR)	
SG 1	Determinar Causas de Resultados Selecionados
SP 1.1	Selecionar Resultados para Análise
SP 1.2	Analisar Causas
SG 2	Tratar Causas de Defeitos
SP 2.1	Implementar Propostas de Ação
SP 2.2	Avaliar o Efeito das Ações Implementadas
SP 2.3	Registrar Dados da Análise Causal