

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

EUCLIDES ALFREDO MATUSSE

Uma Estratégia para Auxiliar na Distribuição da Etapa de Especificação
de Requisitos em Desenvolvimento Distribuído de Software

Maringá

2013

EUCLIDES ALFREDO MATUSSE

Uma Estratégia para Auxiliar na Distribuição da Etapa de Especificação
de Requisitos em Desenvolvimento Distribuído de Software

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Departamento de Informática, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elisa Hatsue
Moriya Huzita

Maringá
2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

M445e Matusse, Euclides Alfredo
Uma estratégia para auxiliar na distribuição da
etapa de especificação de requisitos em
desenvolvimento distribuído de software / Euclides
Alfredo Matusse. -- Maringá, 2013.
164 f

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Elisa Hatsue Moriya
Huzita.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de
Informática, Programa de Pós-Graduação em Ciência da
Computação, 2013.

1. Software - Desenvolvimento. 2. Engenharia de
Software. 3. Tecnologia da Informação. I. Huzita,
Elisa Hatsue Moriya, orient. II. Universidade
Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia.
Departamento de Informática. Programa de Pós-
Graduação em Ciência da Computação. III. Título.

CDD 22.ed. 005.1

MGC-000518

FOLHA DE APROVAÇÃO

EUCLIDES ALFREDO MATUSSE

Uma estratégia para auxiliar na distribuição da etapa de especificação de requisitos em Desenvolvimento Distribuído de Software

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Departamento de Informática, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação pela Banca Examinadora composta pelos membros:

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Elisa Hatsue Moriya Huzita
DIN/UEM – Orientadora – Presidente



Profa. Dra. Tania Fatima Calvi Tait
DIN/UEM – Membro Interno



Prof. Dr. Rodolfo Miranda de Barros
MCC/UEL – Membro Externo

Aprovada em: 17 de janeiro de 2013.

Local da defesa: Sala 101, Bloco C56, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

DEDICATÓRIA(S)

À minha família, em especial aos meus pais, Alfredo e Olga, ao meu tio, Albertino pelo grande incentivo em prol da minha formação Acadêmica. Um apreço vai aos meus ancestrais Kha Matusse

AGRADECIMENTO(S)

Agradeço primeiramente a Deus por tudo o quanto tem feito e por sua misericórdia infinita.

Agradeço à minha mãe, Olga Simão Vilanculo, fonte de toda a minha inspiração, ao meu pai Alfredo Abel Matusse, por me incentivar por intermédio da minha Mãe, como de costume e ao meu tio Albertino Simão Vilanculo pelo carinho e incentivo, me fazendo saber que não ficaria nada satisfeito se eu não terminasse o mestrado.

À minha orientadora Elisa Hatsue Moriya Huzita, por ter me aceite no programa e depositado sua confiança em meu trabalho, pelos seus conselhos profissionais e pelo conhecimento compartilhado comigo.

Um apreço especial a professora Tânia Fátima Calvi Tait pelo encorajamento, amizade, paciência em orientar com mestria e acima de tudo pela frequente disposição na troca de ideias.

Os meus irmãos, Lavinia (*inmemorium*), Dália, Abel, Eugênio, Rosa e Vânio que sempre me ajudaram e incentivaram de todas as maneiras possíveis durante estes anos.

Ao Prof. Phd. Zacarias Marcos Mapoissane Chilengue, Dr. Alexandre Monteiro Baia e Msc. Leandro Nhaca, por acreditarem no meu potencial.

Um agradecimento é expresso para José Mario Matabel e Venâncio Macamo, por ensinarem desde secundário que o conhecimento e a base para atingir a liberdade.

Ao meu sócio Arsênio Dias Pioris e amigos, Marcio Tembe, Vasco Conjo, Nuro Tomé, Elisete Tomitao e Jose Manuel Saute por terem me apoiado durante todo o mestrado.

Agradeço aos funcionários do Departamento de Informática DIN- PCC, e, em especial à Maria Inês Davanço, pela amizade e paciência.

Aos meus colegas que compartilharam comigo os estudos durante estes dois anos e que jamais me faltaram com respeito. Agradeço especialmente ao Marcelo, Rafael, Gustavo, André, Landir, Eliane, Daiane, George e ao Prof. Edson Oliveira pelo carinho e amizade. Agradeço especialmente à (CNPq) Conselho Nacional de Pesquisa Científica, pelo apoio financeiro despendido a este trabalho.

À Millenniumbim-Banco Internacional de Moçambique, por ter me concedido a licença para continuar os meus estudos.

À todos que de alguma maneira contribuíram, ainda que inconscientemente, para realização deste trabalho.

Uma Estratégia para Auxiliar na Distribuição da Etapa de Especificação de Requisitos em Desenvolvimento Distribuído de Software

RESUMO

O desenvolvimento distribuído de software (DDS) tem sido uma abordagem cada vez mais adotada pelas empresas. No entanto, gerenciar a distribuição de etapas de um processo de desenvolvimento entre equipes distribuídas trazem desafios quanto aos elementos que poderiam ser considerados. Assim, definir estratégias que consideram aspectos sócio técnicos envolvendo pessoas, tecnologia e processo podem oferecer o apoio necessário. Esta dissertação de mestrado apresenta uma estratégia para auxiliar o gerente de projetos durante a atividade de distribuição da etapa de especificação de requisitos considerando dois aspectos: (1) identificar e analisar um conjunto de métricas que leve em conta características da etapa de especificação de requisitos em DDS, com o intuito de encontrar evidências de que essas métricas possam ser utilizadas como indicadores, e; (2) elaborar uma estratégia que permite definir indicadores para distribuição da etapa de especificação de requisitos em DDS por meio de métricas. Para tanto, foi considerada a métrica estimativa de esforço. Buscou-se estabelecer (co)relações desta com métricas relacionadas a fatores de comunicação. Para avaliação do uso da métrica estimativa de esforço e a correlação estabelecida usou-se o *Goal Question Metric* (GQM). Além destas, foram consideradas também as métricas distancia geográfica e temporal entre as equipes. Foi também realizado um experimento usando três equipes distribuídas em nível global, caracterizando assim o modelo offshore outsourcing. Os resultados obtidos com o experimento apresentam evidências que tais métricas podem ser utilizadas como indicadores adequados para alocar a etapa de especificação de requisitos em DDS no modelo *offshore outsourcing*.

Palavras-chave: Desenvolvimento Distribuído de Software, Especificação de requisitos, Indicadores, *Goal Question Metric*, Métricas.

A Strategy to Assist in the Distribution Stage Requirements Specification for Distributed Software Development

ABSTRACT

Distributed development of software (DSD) has been an approach increasingly adopted by companies. However, managing the distribution of steps in a process of development among distributed teams bring challenges regarding elements that could be considered. Thus, define strategies that consider socio technical aspects involving people, process and technology can provide the necessary support. This dissertation presents a strategy to support the project manager during the activity distribution the requirements specification stage. It considers two aspects: (1) identify and analyze a set of metrics that take into account the requirements specification stage in DDS , in order to find evidence that these metrics can be used as indicators, and (2) develop a strategy for defining indicators for the distribution requirements specification stage in DSD using metrics. So, the metric effort estimation was considered. Also, (co) relationship between effort and metrics related to factors of communication were established. To evaluate the effort estimation and correlation established we use the Goal Question Metric (GQM). Besides these, metrics considering geographical and temporal distance between the teams were considered .An experiment considering three globally distributed teams, characterizing the offshore outsourcing model was also carried out . The results of the experiment show evidence that such metrics can be used as appropriated indicators to allocate the requirements specification stage in model offshore outsourcing.

Keywords: Distributed Software Development, Requirements Specification, Indicators, Goal Question Metric, Metrics.

LISTA DE FIGURAS

Figura - 2.1	Níveis de dispersão adaptado de (Prikladnicki e Audy, 2008). . .	21
Figura - 2.2	Visão do modelo de negócios adaptado adaptado de (Audy e Prikladnicki, 2007).	23
Figura - 2.3	Etapas do processo de software (Pressman, 2006).	26
Figura - 2.4	Medições de controle e predição adaptado de (Fenton e Pfleeger, 1997).	28
Figura - 2.5	Processo da revisão sistemática adaptado (Biolchini et al., 2005).	29
Figura - 2.6	Filtro de pesquisa e escolha dos estudos primários	32
Figura - 2.7	Publicação por tipo de fonte	33
Figura - 2.8	Modelo de impacto dos desafios e atividades afetadas da engenharia de requisitos devido a problemas de DGS-adaptado de (Damian e Zowghi, 2002).	39
Figura - 2.9	Estrutura de decisão para o objetivo com a representação do primeiro nó terminal.	40
Figura - 3.1	Estrutura GQM. Fonte: adaptado de Latum et al.,(1998)	44
Figura - 3.2	Fases do GQM. Fonte: adaptado (Solingen e Berghout, 1999).	45
Figura - 3.3	Metodologia de pesquisa.	48
Figura - 3.4	Estrutura geral da pesquisa.	51
Figura - 5.1	Valores da estimativa de esforço e Fatores de comunicação Associado aos Participantes.	69
Figura - 5.2	Estatística Descritiva e Distribuição dos Valores Observados Métricas de $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$ associado ao participante.	72
Figura - 5.3	Estatística Descritiva e Distribuição dos Valores Observados Métricas de (a) $Esforco_{(etapa)}$ e (b) $Fatcom_{(m)}$	73
Figura - 5.4	(a) Formação acadêmica e (b) Experiência com processo de software dos Participantes.	73
Figura - 5.5	(c) Experiência com UML e (d) Experiência com DDS dos Participantes.	74
Figura - 5.6	Boxplot para valores observados das métricas (a) $Esforco_{(etapa)}$ e (b) $Fatcom_{(m)}$	75
Figura - 5.7	Escalas da Correlação das Métricas e valor associado aos Participantes.	75
Figura - 5.8	Escala de correlação de Spearman. (Spearman, 1904)	76

Figura - 5.9	Métrica $Esforco_{(etapa)}$ testes de Normalidade: Estatística Descritiva.	79
Figura - 5.10	Métrica $Fatcom_{(m)}$ testes de Normalidade: Estatística Descritiva.	80
Figura - 5.11	$Fatcom_{(m)}$ vs $Esforco_{(etapa)}$: Análise de regressão linear.	83
Figura - 5.12	$Esforco_{(etapa)}$ vs $Fatcom_{(m)}$: Análise de regressão linear.	83
Figura - 6.1	Arcabouço da estratégia da pesquisa.	88
Figura - 6.2	Modelo conceitual da estratégia.	90
Figura - 6.3	MPAE- Atividades do Metaprocesso da Estratégia.	92
Figura - 6.4	Equipe de Desenvolvimento Distribuído de Software Índice Distância Espacial=3,55.	97
Figura - 6.5	Equipe de Desenvolvimento Distribuído de Software Índice Distância Temporal=2,89.	98
Figura - 6.6	Ranking das equipes para distribuição da etapa de EReq em DDS.	100

LISTA DE TABELAS

Tabela - 2.1	Desafios do desenvolvimento distribuído de software adaptado (Prikladnicki e Audy, 2008)).	24
Tabela - 2.2	Palavras-chave utilizadas no estudo.	31
Tabela - 2.3	Workshops, Simpósios e Eventos.	31
Tabela - 2.4	Tendência de publicação (por ano).	33
Tabela - 2.5	Foco de Estudos.	34
Tabela - 2.6	Distribuição de Estudos.	34
Tabela - 2.7	Métricas identificadas.	35
Tabela - 2.8	Critério de alocação.	35
Tabela - 2.9	Método de pesquisa utilizado.	36
Tabela - 2.10	Tipos de pesquisa para a investigação das métricas e indicadores.	36
Tabela - 4.1	Métricas para o primeiro objetivo de avaliação segundo a abordagem GQM.	55
Tabela - 4.2	Métricas para o segundo objetivo de avaliação segundo a abordagem GQM.	60
Tabela - 4.3	Métricas para o terceiro objetivo de avaliação segundo a abordagem GQM.	61
Tabela - 5.1	Relação da caracterização dos participantes do estudo experimental.	71
Tabela - 5.2	Métricas Coletadas	71
Tabela - 5.3	Correlação de Spearman (Corr.1): $Esforco_{(step)}$ e $Esforco.part$	76
Tabela - 5.4	Correlação de Spearman (Corr.2): $Fatcom_{(m)}$ e $Fator.part$	77
Tabela - 5.5	Correlação de Spearman Corr.3: $Effort_{(step)}$ e $Fatcom_{(m)}$	81
Tabela - 6.1	Metaprocesso de Entrada e Saídas das Atividades.	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BSC: Complemento ao *Balanced Scorecard*

DDS: Desenvolvimento Distribuído de Software

DSG: Desenvolvimento de Software Global

WDDS: *Workshop* de Desenvolvimento Distribuído de Software

et al.: *et altri (lat)*. E outros

ES: Engenharia de Software

EReq: Especificação de Requisitos

GQM: *Goal-Question-Metric*

SP: *Software Process*

NI: Níveis de influência

RF: Requisitos Funcionais

RNF: Requisitos Não Funcionais

PPM: Gerenciamento de Portfólio de Projetos

UML: *Unified Modeling Language*

DGS: *Desenvolvimento Global de Software*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contexto	15
1.2	Motivação	16
1.3	Objetivos	17
1.4	Organização do Texto	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	Desenvolvimento Distribuído de Software	20
2.2	Modelos de Negócio	22
2.3	Desafios do DDS	23
2.4	Processo de Software	25
2.5	Métricas	27
2.6	Revisão Sistemática da Literatura	28
2.6.1	Processo da Revisão Sistemática	29
2.6.2	Definição das questões de pesquisa	29
2.6.3	Descrição das estratégias de busca	30
2.6.4	Critério de seleção de estudos	31
2.6.5	Resultados do Estudo	32
2.6.6	Classificação de estudos	34
2.6.7	Aderência às questões de pesquisa	34
2.6.8	Análise de Soluções Existentes para o Apoio à Distribuição das Etapas do Processo às Equipes Dispersas em DDS	37
2.7	Trabalhos Relacionados	37
2.7.1	Abordagem de (Lu et al., 2010)	37
2.7.2	Abordagem de (Damian e Zowghi, 2002)	38
2.7.3	Abordagem de (Gomes et al., 2001)	39
2.8	Considerações Finais	40
3	METODOLOGIA DE PESQUISA	42
3.1	Considerações Iniciais	42
3.2	O Método Goal Question Metric	43
3.2.1	Linhas de Pesquisa	43
3.2.2	O paradigma Goal Question Metric	43
3.2.3	Planejamento	45
3.2.4	Definição	45

3.2.5	Coleta de dados	46
3.2.6	Interpretação	46
3.2.7	Aplicação da Abordagem GQM na Área de Software	46
3.3	Metodologia de Pesquisa	47
3.3.1	1º Passo: Definir o alinhamento estratégico	48
3.3.2	2º Passo: Definir os objetivos	48
3.3.3	3º Passo: Elaborar conjunto de perguntas que define objetivos	48
3.3.4	4º Passo: Identificar métricas	49
3.3.5	5º Passo: Estabelecer a correlação de métricas	49
3.3.6	6º Passo: Estabelecer e aplicar a estratégia de distribuição	49
3.3.7	7º Passo: Realizar avaliação	50
3.4	Estrutura Geral da Pesquisa	50
3.5	Considerações Finais	52
4	MÉTRICAS PARA ESTUDO EXPERIMENTAL	53
4.1	Seleção de Métricas para Estudo experimental	53
4.1.1	Objetivo 1: Identificar a estimativa de esforço para realizar os RF e RNF de casos de uso da etapa de EReq	54
4.1.2	Objetivo 2: Identificar os fatores relacionados com meios de comunicação utilizando ferramentas síncronas e assíncronas de comunicação	59
4.1.3	Objetivo 3: Identificar o índice de localização geográfica e temporal das equipes	60
4.2	Considerações finais	62
5	VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DAS MÉTRICAS	63
5.1	Validação Experimental das métricas de estimativa de esforço e fatores de comunicação utilizando ferramentas síncronas e assíncronas de comunicação	63
5.1.1	Definição do Estudo Experimental	64
5.1.2	Planejamento do Estudo Experimental	64
5.2	Execução do Estudo Experimental	69
5.2.1	Validação Experimental das Métricas	72
5.2.2	Estatística Descritiva para Correlação do Conjunto de Métricas	78
5.3	Análise e Interpretação dos Resultados do Estudo Experimental	78
5.3.1	Testes de Normalidade para as Métricas	78
5.3.2	Correlação de Spearman para as Métricas $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$	81
5.3.3	Análise de Regressão Linear	82

5.4	Avaliação de Validade do Estudo Experimental	84
5.4.1	Ameaças à Validade de Conclusão	84
5.4.2	Ameaças à Validade de Construção	84
5.4.3	Ameaças à Validade Interna	84
5.4.4	Ameaças à Validade Externa	85
5.5	Apresentação e Empacotamento do Estudo Experimental	85
5.6	Considerações Finais	86
6	<i>EDEEReq-DDS. UMA ESTRATÉGIA PARA AUXILIAR NA DISTRIBUIÇÃO DA ETAPA DE ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS EM DDS</i>	87
6.1	Estratégia para Auxiliar a Distribuição da EReq em DDS	87
6.1.1	Fundamentação do Arcabouço da Estratégia	88
6.1.2	Metaprocesso de Atividade da Estratégia (MPAE)	90
6.1.3	Fundamentação e análise dos elementos da estratégia	93
6.2	Interpretação dos Resultados Obtidos	98
6.3	Considerações finais	100
7	CONCLUSÕES	102
7.1	Propósito da Pesquisa	102
7.2	Resultados e Contribuições	103
7.3	Dificuldades e Limitações	104
7.4	Trabalhos Futuros	104
	REFERÊNCIAS	106
	Appendices	113
A	Um Estudo Baseado em Revisão Sistemática da Literatura	114
A.1	(Tabela 8.) Lista de artigos primários utilizado neste estudo e (Tabela 9.) Modelos propostos e identificados durante a revisão sistemática	114
B	Documentos Gerados Durante a Avaliação	117

INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta os principais aspectos que motivaram a realização deste trabalho, o objetivo da pesquisa e a organização da dissertação.

1.1 Contexto

Com a Internet tornando-se onipresente, o desenvolvimento distribuído de software (DDS) tem sido utilizado tanto na academia como na indústria. Em busca de vantagens competitivas e cooperação, diversas organizações adotaram atividades multiculturais e globalmente distribuída aumentando a produtividade, redução de custos, melhoria de qualidade e satisfação dos clientes (Huzita et al., 2008; Prikładnicki e Audy, 2008)

Contudo, a prática organizacional de operacionalização das empresas aliada ao amadurecimento de modelos de negócios (Robinson e Kalakota, 2007), ampliaram, significativamente as possibilidades de transferir uma função organizacional para um terceiro ou transferir negócios para empresas externas (Carmel e Tija, 2005). Hoje, por exemplo, é possível constituir grupos de diferentes localidades e culturas, com diferentes expectativas e objetivos, formando, assim, uma equipe distribuída para atuar no contexto de DDS em escala global. Na literatura, esta estrutura é referenciada como *Offshore Outsourcing* ou *Offshoring* (Hawryszkiewicz e Gorton, 1996).

Entretanto, a análise para entender as razões do porquê as organizações não adotam as estratégias de negócios para melhoria de processos apontam para questões associadas ao custo, valor do capital humano existente (aspectos não-técnicos) e qualidade do trabalho desenvolvido (Prikładnicki et al., 2011). A natureza dinâmica de DDS, contudo, impõe

uma série de desafios para a Engenharia de Software (ES) (Pfleeger, 1999). Esses desafios são evidentes pela dificuldade de comunicação e distribuição das etapas do processo de software à equipes distribuídas de DDS. Estudos mostram que os maiores problemas no desenvolvimento de software são relacionados com requisitos (Zowghi, 2002), o que acentua quando as equipes de desenvolvimento de software estão distribuídas geograficamente.

De acordo com Eckhard,(2007), tais desafios são causados por três fatores: (i) as constantes mudanças nos ambientes de desenvolvimento; (ii) muitas dependências entre os elementos; e (iii) a grande quantidade de elementos heterogêneos como recursos humanos (equipes), processos e tecnologia dificultando a integração de ferramentas e recursos necessários para medir o desempenho do processo e produto.

Na literatura há uma carência de pesquisas com foco na distribuição das etapas do processo de software à equipes em várias localidades geográficas em DDS (Matusse et al., 2012). A maioria de estudos está relacionada com análise de como resolver problemas de alocação de equipes e tarefas geograficamente distribuída (Czekster et al., 2010; Jalote e Jain, 2006; Lamersdorf et al., 2009; Ramasubbu et al., 2011).

Este capítulo está organizado da seguinte forma: a Seção 1.2 apresenta a motivação para a pesquisa realizada neste trabalho; a Seção 1.3 apresenta os objetivos gerais e específicos deste trabalho e a Seção 1.4 a organização do texto.

1.2 Motivação

O DDS tem tido um impacto significativo no desenvolvimento de software, e grandes empresas tem adotado (Battin et al., 2001; Kommeren e Parviainen, 2007) distribuindo os seus processos ao redor do mundo (Carmel e Tija, 2005). No DDS, as equipes estão, geralmente, separadas por fusos horários diferentes (Herbsleb e Moitra, 2001) e os recursos dispersos em várias localidades geográficas (Espinosa e Carmel, 2003).

Esta estratégia possibilita vários benefícios tais como proximidade de mercados e acesso ao conhecimento local sobre os clientes (Audy e Prikladnicki, 2007), flexibilidade para responder as oportunidades locais (Herbsleb e Moitra, 2001), disponibilidade de recursos humanos a um custo menor (Lamersdorf et al., 2009; Leal et al., 2010). Porém, para atingir tais benefícios, é necessário um planejamento rigoroso, pois os riscos advindos dessa estratégia podem afetar a comunicação, coordenação e controle de projetos (Prikladnicki et al., 2003).

No planejamento, a distribuição de processos em DDS se configura como uma importante decisão dependendo da estratégia de negócio adotada e pode otimizar ganhos de

eficiência das equipes de desenvolvimento em várias localidades geográficas com a redução de esforços e aumento de produtividade (Audy e Prikladnicki, 2007).

Esse fato tem sido observado nos resultados dos estudos experimentais conduzidos em diversos países. Por exemplo, (Lu et al., 2010) analisam o desempenho das equipes de desenvolvimento à partir da perspectiva da teoria sociotécnica e da coordenação. Este estudo é baseado em três aspectos da teoria sociotécnica: pessoas, tecnologia e tarefas. Em um outro estudo (Gotel et al., 2010) monitoram cinco equipes de estudantes, Camboja, EUA (New York City e Pleasantville (Nova Iorque)), Tailândia e Índia para produção de software e perceberam que, de forma distinta, os níveis de estresse dos estudantes, aumentam juntamente com os padrões de comunicação de cada equipe de desenvolvimento devido à falta de habilidades sociais necessárias. (Gotel et al., 2010; Lu et al., 2010) concluíram que fatores de socialização das equipes dispersas são capazes de influenciar o sucesso de programas de melhoria.

No entanto, no contexto do setor de software do Brasil, os estudos sobre os fatores de socialização, geralmente, representam experiências específicas de instituição de ensino superior, particularmente pelo fato das organizações concentrarem-se predominantemente em memorização de conhecimentos técnicos. Portanto, convencer as organizações a investir e atender essas habilidades sociais continua problemática, devido ao investimento dado a esta área, e a dúvida quanto a se este investimento realmente vale a pena quando se trata de qualidade de software.

Diante dessa contextualização, decidiu-se pela realização deste trabalho com o propósito de investigar uma combinação da métrica estimativa de esforço para realizar requisitos funcionais (RF) e requisitos não funcionais (RNF) de casos de uso da etapa de EReq em DDS (Karner, 1993) medindo-as e procurando por (co)relações com as métricas fatores de comunicação utilizando ferramentas síncronas e assíncronas de comunicação (Gotel et al., 2010). Essas métricas estão relacionadas com fatores técnicos, não técnicos, meios de comunicação e do contexto sócio cultural visando apoiar a gerência de projetos na tomada de decisões baseada em indicadores, contribuindo para a pesquisa e prática da melhoria no processo em DDS.

1.3 Objetivos

Alinhado à motivação, o objetivo geral desta dissertação de mestrado é *elaborar uma estratégia para auxiliar na distribuição da etapa de EReq em DDS*. Esta estratégia é baseada no estudo de três aspectos sócio técnico: pessoas (equipes), processos e tecnologia, a fim de prever e avaliar como os aspectos do comportamento humano, comunicação, e

fatores técnicos corrobora com a qualidade na distribuição da etapa de EReq aos membros da equipe de DDS.

A investigação conduzida nesta dissertação, buscou por uma metodologia de pesquisa que garanta o rigor na realização de estudos sobre as questões não tecnológicas e técnicas, segundo os conceitos e princípios dos métodos de coleta e análise de dados para investigações dessa natureza. Sendo assim, de forma a contemplar o objetivo geral proposto, apresentam-se os seguintes objetivos específicos:

- *Estabelecer uma metodologia de pesquisa, baseada em métodos qualitativos, para guiar a condução da pesquisa sobre as características específicas da socialização que rege a implementação de melhores práticas para auxiliar na distribuição da etapa de EReq de software no contexto de DDS.*
- *Identificar e analisar um conjunto de métricas que leve em conta a etapa de EReq em DDS, com o intuito de encontrar evidências de que essas métricas possam ser utilizadas como indicadores para distribuição da etapa de EReq; e*
- *Elaborar uma estratégia que permite definir indicadores para distribuição da etapa de EReq em DDS por meio de métricas.*

1.4 Organização do Texto

Neste capítulo foram apresentados os principais aspectos desta dissertação, a motivação para o seu desenvolvimento e seus objetivos. Além desta Introdução, outros sete capítulos compõem o texto deste trabalho, organizados da seguinte forma:

- **Capítulo II - Desenvolvimento Distribuído de Software:** apresenta os principais conceitos para DDS, destacando os problemas, desafios e as dificuldades comuns que as organizações enfrentam quando da adoção desta prática, modelo de negócio, processo de software, métricas. Neste capítulo, são apresentados, também, alguns estudos primários da literatura conduzidos através de uma revisão sistemática para coletar evidências sobre a existência de métricas e indicadores com o propósito de investigar sobre iniciativas da distribuição das etapas do processo de software à equipes em várias localidades geográficas.
- **Capítulo III - Metodologia de Pesquisa:** descreve os principais conceitos do método de investigação denominado *Goal Question Metrics* (GQM) (Basili et al., 1994) . Este capítulo, também, descreve a metodologia e a estrutura de pesquisa

adotada na investigação, sobre as métricas para o sucesso da distribuição da etapa de EReq em iniciativas de melhoria do processo em DDS.

- **Capítulo IV - Seleção das Métricas para o Estudo Experimental:** descreve as métricas para o estudo experimental extraídas e adaptadas da literatura por meio do método *Goal Question Metrics* (GQM) (Basili e Rombach, 1988).
- **Capítulo V - Validação de Estudo Experimental:** demonstra como as métricas de estimativa de esforço e fatores de comunicação utilizando as ferramentas síncrona e assíncrona de comunicação para realizar requisitos funcionais (RF) e não funcionais (RNF) de negócios, por meio de geração de configurações para caso de uso *AirTaxi*, aplicação das métricas, testes de normalidade, correlação de *Spearman* e análise de regressão linear.
- **Capítulo VI - Estratégia para Auxiliar a Distribuição da Etapa de EReq em DDS:** descreve a estratégia elaborada e os resultados obtidos na segunda fase da investigação sobre conjunto de métricas (indicador) para auxiliar na distribuição da etapa de EReq em DDS como iniciativa de melhoria do processo de desenvolvimento de software.
- **Capítulo VII - Conclusões:** descreve o propósito deste trabalho, seus resultados e contribuições, discorre sobre as dificuldades e limitações, e por fim aborda trabalhos futuros.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta os conceitos relevantes para compreender e fundamentar o trabalho a ser desenvolvido que são: desenvolvimento distribuído de software (DDS), modelo de negócio, processo de software, métricas e revisão sistemática da literatura.

2.1 Desenvolvimento Distribuído de Software

Mesmo com o avanço rápido de DDS nos últimos anos como uma abordagem para desenvolvimento de software, a preocupação com garantia de qualidade de software tem sido uma meta importante da comunidade científica.

Entretanto, a crescente demanda e a oportunidade de negócios globais levaram as empresas a distribuírem seus projetos de desenvolvimento de software, visando a aproximação de clientes e mercados, redução de custos, acesso a recursos humanos qualificados e vantagens competitivas (Huzita et al., 2008; Karolak, 1998). Assim, a comunidade de engenharia de software teve que reorganizar e abordar de forma diferente as estratégias de sistemas de informação nas empresas e processos de terceirização proporcionando o DDS (Prikładnicki e Audy, 2008). A literatura apresenta diferentes conceitos de DDS, e alguns são apresentados a seguir:

- *O DDS é uma nova área de engenharia de software que se caracteriza pela distância física e/ou temporal entre clientes, usuários e desenvolvedores, por exemplo, envolvidos no processo de desenvolvimento de software (Carmel e Tija, 2005).*

- *DDS pode ser definido como desenvolvimento de software que utiliza equipes em várias localidades geográficas, inclusive, até com participantes de culturas e línguas diferentes (Sangwan et al., 2006).*

Pode-se constatar que (Carmel e Tija, 2005; Sangwan et al., 2006) estão em consonância nos seus aspectos essenciais para projetos de DDS particularmente, por dar tratamento adequado às características da dispersão geográfica (distância entre equipes de projeto, clientes e usuários), dispersão temporal (diferenças de fusos horários) envolvidos no processo de desenvolvimento de software.

Tendo por base esses conceitos, Carmel e Tija,(2005), entendem que a diferença entre o desenvolvimento centralizado e distribuído é caracterizado pela distância física, temporal, cultural e aproximação do mercado global.

De acordo com Evaristo et al.,(2004), as principais características que diferenciam o desenvolvimento co-localizado do desenvolvimento distribuído são: a dispersão geográfica entre os desenvolvedores e entre os desenvolvedores e clientes, diferenças de fuso horários e cultural (incluindo a língua, tradições, costumes, comportamentos e normas). De acordo com (Prikladnicki e Audy, 2008), atualmente, existem quatro níveis principais de dispersão física inter-atores, configurando equipes centralizadas e equipes em distância global . Essas equipes estão representadas por numeros e apresentadas na Figura 2.1.

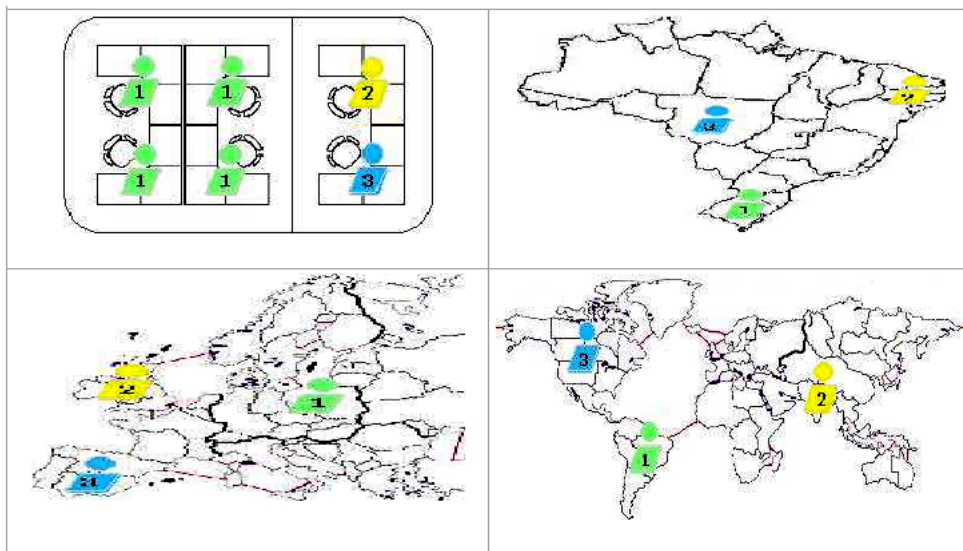


Figura 2.1: Níveis de dispersão adaptado de (Prikladnicki e Audy, 2008).

- Mesma localização física, a empresa possui as equipes localizadas no mesmo espaço co-localizado, e nesse caso, não existe diferença temporal e cultural. O agendamento

de reuniões pode ocorrer sem dificuldades de interagir com equipes de um mesmo projeto;

- Distância nacional, equipes estão localizadas no mesmo país o que permite agendar e reunir-se em período curto de tempo. As diferenças culturais e fusos horários podem ser acentuadas dependendo do país;
- Distância continental, equipes estão localizadas em países diferentes, porém dentro do mesmo continente. Possíveis interações entre elas como comunicação, reuniões, troca de experiências pode ser dificultada pelo fusos horários; e
- Distância global, equipes estão em países diferentes e em continentes diferentes o que acentua a dificuldade na coordenação devido a fatores como comunicação, fuso horário e cultural formando uma distribuição global.

2.2 Modelos de Negócio

Robinson e Kalakota,(2007), afirmam que a distribuição da equipe de desenvolvimento está relacionada ao modelo de negócio da(s) organização(ões) envolvida(s) no projeto de acordo com o nível de generalidade. Nesse contexto, as organizações tem adotado modelo de negócios e processos de desenvolvimento de software que requerem suporte de DDS (Damian e Moitra, 2006).

Modelo de negócios segundo Carmel e Tija,(2005), representa a prática organizacional que envolve transferir uma função organizacional para um terceiro ou transferência de processos de negócios para empresas externas. Este modelo é recomendado por possuir um plano de projeto bem definido e um bom entendimento de requisitos de acordo com (Damian e Zowghi, 2002). Abaixo descrevemos o modelo de negócios ajustado por Audy e Prikkladnicki,(2007), o qual apresenta uma visão geral da Figura 2.2:

- *Domestic Outsourcing* ou *Onshore Insourcing*: departamento dentro da empresa ou uma subsidiária da empresa no mesmo país. Nesse modelo, existe um departamento dentro da própria empresa ou uma subsidiária da empresa no mesmo país (*onshore*) que provê serviços de desenvolvimento de software por meio de projetos internos (*insourcing*);
- *Internal Offshoring* ou *Offshore Insourcing*: um departamento ou subsidiária da empresa para prover serviços de desenvolvimento de software , mas agora em um país diferente da matriz ou empresa contratante (*offshore*);

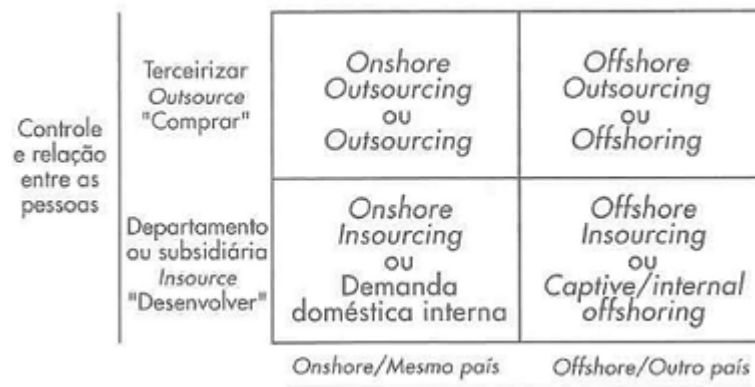


Figura 2.2: Visão do modelo de negócios adaptado adaptado de (Audy e Prikladnicki, 2007).

- *Shared Service* ou *Onshore Outsourcing* ou *Outsourcing*: contratação de uma empresa terceirizada (*outsourcing*) localizada no mesmo país da empresa contratante. Nesse modelo, ambos os envolvidos (empresa contratante e a terceirizada) se encontram no mesmo país (*onshore*); e
- *Offshore Outsourcing* ou *Offshoring*: contratação de uma empresa terceirizada (*outsourcing*) localizada em um país diferente da contratante (*offshore*).

2.3 Desafios do DDS

Segundo Evaristo et al.,(2004), a distância e a comunicação é um dos grandes desafios para o sucesso, pois significa mais infraestrutura capaz de garantir a troca eficiente de informações e conhecimentos entre os envolvidos. Assim, equipes geograficamente distantes, necessitam de uma infraestrutura com maior coordenação para estabelecer uma comunicação eficaz dentro do projeto (Chaves, 2009).

Nos últimos anos, um número significativo de iniciativas sobre desafios em DDS tem sido sugerido nos estudos de (Huzita et al., 2008; Komi-sirvio e Tihinen, 2005; Prikladnicki et al., 2003). Na literatura, uma descrição sumarizando as cinco principais categorias de desafios em DDS pode ser encontrada em Prikladnicki e Audy,(2008), descrito na Tabela 2.1:

Abaixo descrevemos a categoria de processos e gestão como foco da abordagem da pesquisa enfatizada por Prikladnicki e Audy,(2008), o qual apresenta uma visão geral de desafios relacionados a processos no DDS.

Tabela 2.1: Desafios do desenvolvimento distribuído de software adaptado (Prikladnicki e Audy, 2008)).

Categorias	Desafios
Pessoas	Confiança, conflitos, diferenças culturais, tamanho de equipe, espírito de equipe, liderança e formação de equipes em grupos
Processo	Processo de desenvolvimento, engenharia de requisitos, arquitetura de software e gerencia de configuração
Tecnologia	Telecomunicações e tecnologia de coordenação
Gestão	Gestão de portfólio do projeto, coordenação, controle e interdependência, gestão de riscos, gestão de projetos, modelo de negócios, legislação, seleção e alocação de projetos
Comunicação	Dispersão geográfica e temporal, <i>awareness</i> , contexto, estilo de comunicação, formas de comunicação e fusos horários

- **Arquitetura de software:** envolvem fatores que se baseiam no princípio de modularidade, reduzindo a complexidade de tarefas complexas de forma distribuída permitindo um desenvolvimento paralelo simplificado. De acordo com Prikladnicki e Audy,(2008), a modularidade causa menor dependência entre os locais de desenvolvimento;
- **Engenharia de requisitos:** envolvem um conjunto de tarefas que necessitam de alto nível de comunicação, aspectos técnicos, gestão de conhecimento, cultura e coordenação (Damian e Zowghi, 2002);
- **Gerência de configuração:** envolvem aspectos de coordenação e controle de artefatos e/ou processos de um projeto distribuído. Esta área inclui a gerência de modificações, uso de ferramentas e padrões compartilhadas;
- **Processo de desenvolvimento:** aborda técnicas de desenvolvimento centrado principalmente na melhoria contínua do processo, visando aumento da qualidade de software desenvolvido tendo como base a sincronização das atividades. Assim, padrões de qualidade de software e modelos de avaliação tais como Normas ISO, CMMI e MPS.BR tem sido adotadas nessa área (Softex, 2007).;
- **Coordenação, controle e interdependência:** envolvem aspectos referentes a integração das tarefas, processos de adesão a métricas, padrões, políticas fortemente relacionadas. Segundo Carmel e Tija,(2005), esses desafios são acentuados pela distancia física, temporal, tecnológica e cultural;

- **Gestão de portfólio de projetos:** área recente criada em 2006 pela PMI,(2006), que envolve administração de projetos e determina através de análises qualitativas e quantitativas como devem ser resolvidos, tendo em conta o risco de localidade em ambiente distribuído;
- **Gerenciamento de projetos:** envolvem aspectos de planejamento rigoroso e um balanceamento entre o escopo, custo, tempo e qualidade. De acordo com Heldman,(2006), este planejamento permite uma avaliação objetiva dos processos de software em ambiente distribuído verificando a maturidade da unidade organizacional na execução do processo, sendo aplicada a qualquer indústria de software;
- **Gerência de riscos:** envolve um conjunto de melhores práticas que possa apoiar a melhoria continua e desempenho do projeto, e deve ocorrer em todas as fases de desenvolvimento. Em DDS os riscos podem estar presentes em três categorias, organizacional, técnico e de comunicação;
- **Legislação:** em ambientes distribuídos a legislação é vista sob três perspectivas; incentivos fiscais, tributos e propriedade intelectual, envolvendo redução de impostos, encargos trabalhistas, leis, registro e comercialização de patentes, registro de software e titularidade, estes quatro últimos como nova classe de desafios no que tange a propriedade intelectual;
- **Modelos de negócio:** segundo Carmel e Tija,(2005), o modelo de negócios em DDS é uma mudança de paradigma por representar execução de um processo de negócios internos para empresas externas especializada, que anteriormente era realizada de forma co-localizada; e
- **Seleção e alocação de projetos:** abrange a área de gestão de portfólio de projeto por ser responsável na análise e distribuição de determinadas atividades críticas do projeto e verificar a viabilidade de alocar profissionais em cada unidade distribuída. Além disso, o gerente de portfólio analisa um conjunto de unidades que possuem melhores características para participar do desenvolvimento de determinado projeto.

2.4 Processo de Software

Processo de Software (Software Process SP) é um conjunto de atividades que serão conduzidas no contexto de um projeto, os recursos (software, hardware e pessoas) necessários, os artefatos (insumos e produtos) e os procedimentos a serem adotados na

realização de cada uma das atividades (Gruhn, 2002). Sua intenção é tanto simplificar (tornar mais fácil) quanto definir a sequência em que os métodos são aplicados, como os produtos serão entregues de modo que os gerentes de software possam avaliar o progresso do desenvolvimento; ou numa definição informal: o SP é um arcabouço para as tarefas que são necessárias para construir software de qualidade (Baetjer, 1998).

O que caracteriza o SP são os modelos (genéricos) de ciclo de vida (cascata, prototipação e espiral), por possibilitar aos gerentes de projeto controlar o processo de desenvolvimento e permitir a equipe distribuída produzir software suficiente que satisfaça os requisitos estabelecidos. Contudo, diversas abordagens para construção de processos de desenvolvimento de software tem sido sugeridas tais como o RUP (Kruchten, 2001), as metodologias ágeis SCRUM (Schwaber e Beedle, 2002) e o Extreme Programming - XP (Beck, 1999).

Segundo Carvalho e Chiossi,(2001) e Peters e Pedryez,(2001), os ciclos de vida especificam algumas atividades que devem ser executadas, assim como a sua ordem. Sua função é diminuir os problemas encontrados no processo, embora os desafios inerentes a distribuição inter grupo de processos a equipes localizadas globalmente esteja acentuado pelos fatores como dispersão física, temporal e cultural.

De acordo com Pressman,(2006), os SP estão organizados em quatro principais etapas (Figura 2.3), sendo essas: (i) especificação de requisitos: trata da necessidade ou requisito operacional para uma descrição da funcionalidade a ser executada; (ii) projeto de sistema: aborda a descrição de todos os componentes necessários para codificar o sistema; (iii) programação (codificação): refere-se à produção do código que controla o sistema e realiza a computação e lógica envolvida; (iv) verificação e integração: envolve a verificação dos requisitos iniciais pelo produto produzido.



Figura 2.3: Etapas do processo de software (Pressman, 2006).

Contudo, essas etapas constituem um conjunto mínimo para obter um produto de software devido às questões de alocação de recursos e pessoal que precisam ser previstas quando do início de cada projeto.

Assim, os gerentes de projeto estão preocupados com a etapa inicial do projeto por envolver as regras de negócio aliado a descrição funcional do sistema. Apesar das etapas apresentadas por Pressman,(2006), decidiu-se utilizar a EReq, para guiar a

condução da investigação proposta nesta dissertação de mestrado por planejar o processo de desenvolvimento de sistema (Sommerville, 2007).

Analisando tais definições e a especificação das etapas do SP, pode-se concluir que SP é um conceito bem definido, pois (Pressman, 2006; Sommerville, 2007) apresentam mesma ideia do processo independentemente do ciclo de vida. Em que modelos apresentam fluxo de processo um tanto diferentes, mas todos realizam o mesmo conjunto de atividades genéricas de arcabouço: comunicação, planejamento, modelagem, construção e implementação.

2.5 Métricas

Métricas tem sido objeto de estudo de pesquisadores de diversas áreas de Ciência da Computação (Lamersdorf et al., 2009; Ramasubbu et al., 2011). De acordo com Rieder,(2003), a utilização de métricas vem aumentando e a principal causa é a dificuldade de gerenciar projetos sem a dimensão do que se está gerenciando. Essa dificuldade aumenta no contexto distribuído pelos problemas referentes à integração, gerenciamento de projeto e comunicação das equipes geograficamente dispersas.

Apesar de os termos medição, medida, métricas e indicadores serem frequentemente usadas alternadamente, é importante notar as diferenças sutis entre eles, pois existe uma sequencia lógica na forma em que os indicadores são obtidos (Pressman, 2006) :

- **Medição:** é o ato de medir, isto é, de determinar uma medida.
- **Medida:** fornece uma indicação quantitativa da extensão, quantidade, capacidade ou tamanho de um atributo de uma entidade.
- **Métrica:** é a correlação de medidas individuais com o objetivo de se ter uma ideia da eficácia da entidade a ser medida.
- **Indicador:** é a combinação de métricas que podem ser utilizadas para se ter uma compreensão da entidade a ser medida.

Segundo Fenton,(1994), indicadores é uma métrica ou combinação de métricas que fornece uma indicação de um atributo de entidade a ser medida, projeto de software ou produto em si. Fenton e Pflefer,(1997), afirmam, que métricas podem ser de **controle** ou de **predição**. Ambas podem influenciar na tomada de decisão de gerenciamento, conforme apresenta a Figura 2.4.

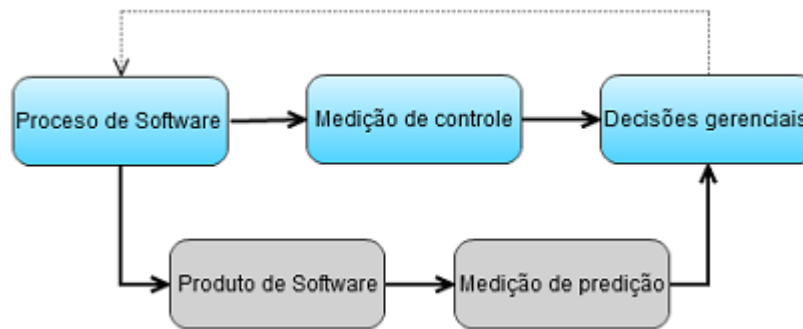


Figura 2.4: Medições de controle e predição adaptado de (Fenton e Pfleeger, 1997).

As métricas de **controle** são usualmente associadas com processo de software (esforço médio e o tempo necessário para reparar os defeitos reportados) e métricas de **predição** são associados ao produto de software (complexidade do módulo, número de atributos e operações com os objetos em um projeto).

Embora existam varias categorizações para atividades de medição, (Fenton, 1994; Fenton e Pfleeger, 1997) , concordam em alguns aspectos de atividades a serem seguidas: (i) **formulação**, a derivação de medidas e métricas de software adequadas para a representação do software que esta sendo considerado; (ii) **coleta**, mecanismo usado para acumular os dados necessários para derivar as métricas formuladas, (iii) **análise**, analisar elementos que compõe a métrica com a finalidade de extrair da correlação indicadores; (iv) **interpretação**, avaliar o resultado do uso/aplicação das métricas definidas/formuladas para averiguar o quão bem esta representa a entidade a ser medida; e (v) **realimentação**, recomendações derivadas da interpretação das métricas transmitidas à equipe de software (Roche, 1994). Segundo Grady,(1992), métricas de software são úteis apenas se forem caracterizadas e validadas de modo que seu valor seja provado.

2.6 Revisão Sistemática da Literatura

Revisão sistemática da literatura surge como um meio de avaliar e interpretar todas as pesquisas disponíveis relevantes para uma questão de pesquisa particular, área temática, ou fenômeno de interesse com certo valor científico (Kitchenham, 2007).

A motivação para à realização da revisão foi o fato de não se ter conhecimento sobre métricas e indicadores para apoiar o gerente de projetos e portfólio na distribuição das etapas do processo de software às equipes geograficamente distribuídas no DDS.

De acordo com Biolchini et al.,(2005) e Kitchenham,(2007), o processo da revisão sistemática consiste em três principais pilares apresentada na figura 2.5:

- **Planejamento da revisão:** envolve a descrição do problema, especificação de questões de pesquisa, desenvolvimento e avaliação do protocolo da revisão;
- **Condução da revisão:** envolve a identificação das pesquisas relevantes, seleção de estudos primários e síntese dos dados; e
- **Documentação:** envolve a escrita do relatório e avaliação da revisão sistemática.

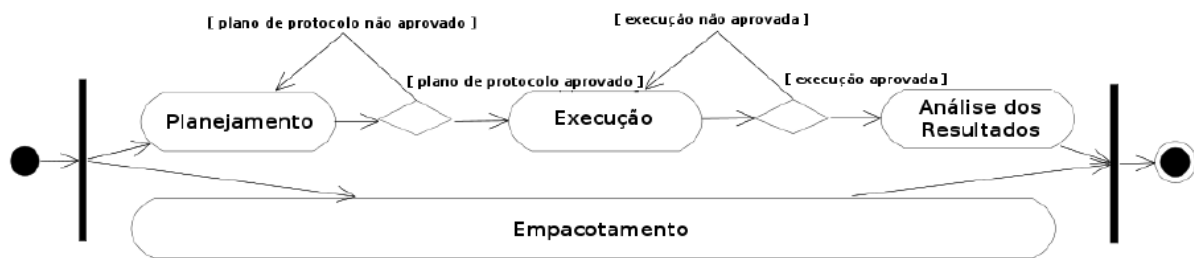


Figura 2.5: Processo da revisão sistemática adaptado (Biolchini et al., 2005).

2.6.1 Processo da Revisão Sistemática

A revisão sistemática pretende apresentar uma justa avaliação de um tópico de investigação, usando uma metodologia confiável, rigorosa e auditável (Kitchenham, 2007). Assim, o objetivo dessa revisão é identificar as soluções existentes para apoiar os gerentes de projetos e portfólio na distribuição das etapas do processo de software às equipes geograficamente distribuídas em projetos DDS. A avaliação da qualidade dos estudos foi classificada de acordo com a proposta em Dyba e Dingsoyr,(2008).

2.6.2 Definição das questões de pesquisa

A formulação das questões e strings de pesquisa apresentada é adaptada de Santos et al.,(2007), inclui os elementos definidos a seguir:

- **População (*population*):** qual conjunto de elementos será alvo da revisão. Trabalhos que discutem a combinação de técnicas para distribuir as etapas do processo de software em DDS; avaliação e recomendações da avaliação utilizando métricas e indicadores;
- **Intervenção (*intervention*):** o que será avaliado neste conjunto de elementos da população. Trata-se das abordagens técnicas e métodos de avaliação da distribuição das etapas do processo de software em projetos de DDS;

- **Comparação (*comparison*):** elementos que servirão como base de comparação, considerando as similaridades de objetivos, apresentada na Seção 2.8;
- **Resultado (*outcomes*):** informações de saída esperadas com a pesquisa. Estudo comparativo das abordagens e análise dos métodos utilizados na distribuição das etapas do processo de software direcionado à investigação das limitações e potencialidade das abordagens de distribuição existentes.

Buscando direcionar esforços durante a execução e compreensão do estado das pesquisas sobre métricas para apoio no entendimento da distribuição das etapas do processo de software à equipes em várias localidades geográficas em projetos DDS.

As seguintes questões de investigação conduziram este estudo:

Q1: *Baseado nas evidências encontradas, que informação é utilizada para medir a distribuição das etapas do processo de software às equipes geograficamente distribuídas?*

Q2: *Que métodos de pesquisa empírica são usados?*

Q3: *Quais tipos de contribuição para a investigação das métricas e indicadores foram encontradas?*

2.6.3 Descrição das estratégias de busca

A pesquisa bibliográfica consistiu em duas etapas. No estágio 1, foram pesquisadas bases de dados eletrônicas com as palavras chave que norteiam a pesquisa. As strings de busca foram geradas a partir da combinação dos termos chave e sinônimos usando OR (ou) e AND (e), e possíveis peculiaridades das bibliotecas digitais e adaptações a serem registradas. Portanto, a busca foi feita no idioma inglês, através da combinação dos sinônimos definidos na Tabela 2.2. Assim os estudos foram obtidos a partir das seguintes fontes:

- IEEE Xplore (<http://ieeexplore.ieee.org/>)
- ACM Digital Library (<http://portal.acm.org>)
- Elsevier ScienceDirect (www.sciencedirect.com)
- Google Scholar (<http://scholar.google.com>)
- Compendex EI (<http://www.engineeringvillage2.org>)

No segundo estágio, realizou-se uma condução manual em WDDS (*Workshop Desenvolvimento Distribuído de Software*), SBQS (Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software), SBES (Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software) e ICEIS (*International Conference on Enterprise Information Systems*) com a finalidade de encontrar artigos relevantes às pesquisas publicadas entre 2004 e 2011. É importante destacar a busca por artigos no

workshop WDDS, SBQS, SBES para saber o estágio da evolução e suas abordagens. Estes são eventos importantes da área no Brasil. Os eventos têm mantido um bom número de artigos submetidos e apresentados, o que tem acentuado significativamente a presença de pesquisadores estrangeiros, por artigos serem recentemente indexados nas bibliotecas digitais da área (Prikladnicki et al., 2011). Nesses casos específicos, a busca dos artigos será conduzida em português e inglês de forma a cobrir o maior número de artigos relevantes a responder às questões de pesquisa. Os tipos de documentos selecionados com base em consultas com especialistas estão representados na Tabela 2.3.

Tabela 2.2: Palavras-chave utilizadas no estudo.

<i>String</i>	
População	<i>"distributed software development OR "global software development"OR "geographically distributed software development"OR "globally distributed development"OR "collaborative software engineering"OR "collaborative software development"OR "globally distributed work"OR "global Software engineering"OR "distributed team"OR "global software teams"OR "offshore software development"OR "offshoring"OR "offshore"OR "offshore outsourcing"OR "dispersed team"</i>
Intervenção	<i>"process"OR "distribution process"</i>
Resultados	<i>"metric"OR "indicator"</i>
Estratégia de Busca:	População AND Intervenção AND Resultado

Tabela 2.3: Workshops, Simpósios e Eventos.

Tipo	Fonte	Sigla
Workshop	Workshop Desenvolvimento Distribuído de Software	WDDS
Simpósio	Simpósio Brasileiro Qualidade Software	SBQS
Simpósio	Simpósio Brasileiro Engenharia de Software	SBES
Conferência	International Conference on Enterprise Information Systems	ECEIS

2.6.4 Critério de seleção de estudos

De um modo geral, a busca inicial de artigos retorna uma grande quantidade de estudos que não são todos relevantes (Kitchenham, 2007). Assim, critérios de inclusão [I] e exclusão [E] devem ser baseados na pesquisa tendo relação com o tópico tratado. Por conseguinte, estudos totalmente irrelevantes são descartados no início. A inclusão do documento é determinada pela relevância em relação às questões de investigação pela análise do título, resumo, palavras chave, introdução e conclusão. Artigos classificados

como [I] são candidatos a tornar-se em estudo primário e artigos classificados como [E] indicam artigos irrelevantes e descartados, baseado na análise do título, resumo não relacionados com métricas e indicadores para distribuição das etapas do processo de software no DDS. Segundo a classificação abaixo:

[I1]. Os trabalhos publicados devem se relacionar diretamente com métricas e indicadores para distribuição das etapas do processo de software e os estudos devem ter algum foco no contexto de DDS.

[I2]. Artigos que consistem em opiniões, recomendações da avaliação utilizando métricas e indicadores para apoio no entendimento da distribuição das etapas do processo no contexto de DDS.

[E1]. Estudos repetidos. Se o mesmo estiver disponível em diferentes fontes de busca, a primeira é considerada.

2.6.5 Resultados do Estudo

A revisão foi conduzida no período de Fevereiro à Abril 2012, de acordo com o plano apresentado na Seção 2.6. A Figura 2.6 ilustra o percurso efetuado para os estudos encontrados no conjunto com a string de busca nas fontes utilizadas e pesquisa manual.

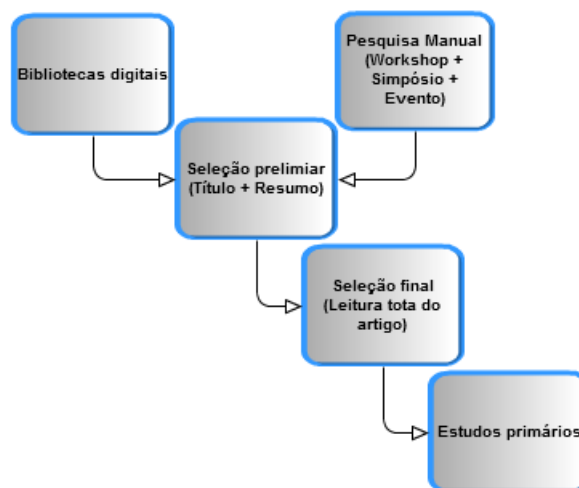


Figura 2.6: Filtro de pesquisa e escolha dos estudos primários

O procedimento de busca produziu 279 estudos iniciais. Destes 266 não foram repetidos, 45 destes foram selecionados por serem relevantes, e 12 foram selecionados como estudos primários Tabela 8 no (Apêndice A). Após o filtro inicial (seleção preliminar), 45 artigos foram pré-selecionados para identificar os potenciais estudos primários mediante a leitura do título, resumo e conclusão. A partir da seleção, obteve-se um novo subconjunto

pelo critério de leitura em profundidade mediante a leitura total do artigo. Permaneceram aqueles que apresentavam informações consistentes acerca de métricas e indicadores para distribuição das etapas do processo de software à equipes em várias localidades geográficas em DDS. Neste segundo passo (seleção final) 12 artigos foram selecionados para uma análise comparativa detalhada Tabela 9 no (Apêndice A) .

Estudos sobre métricas em projetos de DDS tem aumentado nos últimos anos, particularmente a partir de 2006. O número de publicações em 2012 é provável que seja discreto, uma vez que os dados foram coletados em abril de 2012. A Tabela 2.4 mostra a frequência de publicação dos trabalhos selecionados a partir de 2004 até 2012.

Tabela 2.4: Tendência de publicação (por ano).

Ano	Porcentagem (%)	Frequência
2004	0	0
2005	8	1
2006	17	2
2007	8	1
2008	8	1
2009	8	1
2010	17	1
2011	42	5
2012	0	0

A Figura 2.7 mapeia a fonte das publicações, a maioria dos estudos são de workshops 50%. A distribuição está da seguinte forma: Journal 21%, conferências 21%, e Simpósios 7%.

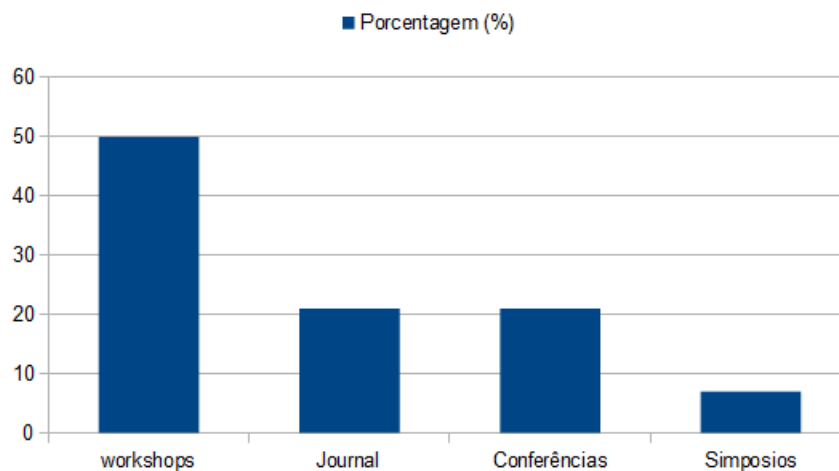


Figura 2.7: Publicação por tipo de fonte

2.6.6 Classificação de estudos

O processo de extração de informações foi realizado à partir do foco de estudos apresentados na Tabela 2.5. Assim, foi estabelecida uma categorização entre objetivo e subjetividade dos resultados. Os artigos revelaram problemas ou soluções, onde 25% tratam sobre alocação de tarefas e 8% abordam sobre configuração das etapas do processo de DDS, 42% sobre estratégias para resolver problemas de alocação de equipes geograficamente distribuídas, 8% práticas para orientar a definição do processo de software global e questões de destaque 8% sobre evidências para propor soluções da utilização de métricas para as questões da pesquisa. Dessa forma, seguiu-se a classificação de cada publicação de acordo com a configuração do estudo: industrial, acadêmico ou misto conforme apresentada na Tabela 2.6, quase 58% dos estudos são industriais, 25% são acadêmicas, e 17% estão no cenários do estudo misto.

Tabela 2.5: Foco de Estudos.

Resultados do artigo	Porcentagem (%)	Frequência
Questões	17	2
Misto	25	3
Estratégias	58	27

Tabela 2.6: Distribuição de Estudos.

Configuração do estudo	Porcentagem (%)	Frequência
2004	58	7
2005	25	3
2006	17	2

2.6.7 Aderência às questões de pesquisa

Baseado nas evidências encontradas, que informação é utilizada para medir a distribuição das etapas do processo de software às equipes geograficamente distribuídas? (Q1). Nos estudos primários realizados e, também, da literatura corrente foram identificadas algumas métricas, e critérios de alocação de tarefas nas Tabela 2.7 e 2.8 respectivamente.. Por exemplo, no Jalote e Jain (2006), utilizam fatores como período de trabalho e habilidade, tendo como características dependência entre as tarefas e esforço de execução, enquanto modelo de simulação GSD de (Setamanit et al., 2006, 2007) considera as etapas do processo de desenvolvimento, localização, fuso horários e meios de comunicação. Em um outro estudo Gotel et al.,(2010) monitoram cinco equipes

de estudantes, Camboja, EUA (New York City e Pleasantville (Nova Iorque), Tailândia e Índia para produção de software e percebem, de forma distinta, que os níveis de estresse dos estudantes, aumentam juntamente com os padrões de comunicação de cada equipe de desenvolvimento devido à falta de habilidades sociais necessárias. Gotel et al.(2010), concluíram que fatores de socialização das equipes dispersas e comunicação são capazes de influenciar o sucesso de programas de melhoria. No modelo proposto por Lu et al.,(2010), são considerados os fatores: pessoas, tarefas e tecnologias a partir da teoria da coordenação e sociotécnica. Na abordagem proposta por Varzin et al.,(2005), um conjunto de práticas para orientar a definição de processo de software geograficamente distribuído, aborda os fatores de infraestrutura de comunicação, diferença de fusos horários, diferenças culturais, confiança e tamanho de equipe através da técnica de algoritmo de mineração. O estudo experimental de Ramasubbu et al.,(2011), considera os fatores: dispersão geográfica, produtividade, qualidade e lucro por meio da técnica do modelo econométrico. Foram identificados alguns critérios mediante a classificação proposta por Lamersdorf et al.,(2009), apresentadas na Tabela 2.8.

Tabela 2.7: Métricas identificadas.

Métricas	Autores
Esforço para realizar tarefas de DDS	(Jalote e Jain, 2006)
Habilidades	(Jalote e Jain, 2006; Lamersdorf et al., 2009)
Quantidade de mensagens e fatores de comunicação utilizando ferramentas síncronas e assíncronas de comunicação	(Gotel et al., 2010)

Tabela 2.8: Critério de alocação.

Classificação	Critérios
Outsourcing	Custo, confiança, perícia, proximidade a usuários, contatos pessoais, relação estabelecida
Desenvolvimento de Software Personalizado	Perícia, disponibilidade, proximidade ao cliente, custo do trabalho, planejamento estratégico, razões pessoais, decisões políticas
Desenvolvimento de Software Padrão	Perícia, proximidade ao mercado, custos trabalhistas, diferenças cultural e temporal, taxa de rotatividade, disponibilidade, confiança pessoal, arquitetura do produto , maturidade site

Os dados presentes nas tabelas 2.7 e 2.8 mostram que ainda não existem definidos indicadores derivados da correlação entre as métricas.

Que métodos de pesquisa empírica são usados? (Q2). Os artigos foram classificados de acordo com o método utilizado por Tonella et al.,(2007), que consiste em cinco métodos de pesquisa: 1) revisão sistemática (meio de avaliar e interpretar pesquisas existentes); 2) experimental (estudos que se aplicam para medir qualquer efeito e controles específicos); 3) estudo observacional; 4) relatos de experiência (registro de lições aprendidas e experiência industrial); e 5) estudo de caso (investigação de situações do mundo real). Embora o método de simulação não faça parte do método utilizado por Tonella et al.,(2007), este foi incluído na Tabela 2.9 por constar no método utilizado na presente pesquisa. Nesta pesquisa, 42% foram de estudo experimental; 25% simulação; 8% utilizou o método de estudo de caso; 8% eram revisão sistemática; 8% não são claros, e 8% abordou relatos de experiência.

Tabela 2.9: Método de pesquisa utilizado.

Método Pesquisa	Porcentagem (%)	Frequência
Experimental	42	5
Simulação	25	3
Estudo de Caso	8	1
Não Claros	8	1
Revisão Sistemática	8	1
Relato de Experiência	8	1

Quais tipos de contribuição para a investigação das métricas e indicadores foram encontradas? (Q3). De acordo com a classificação desenvolvida para as necessidades de pesquisa em engenharia de software (Wieringa et al., 2006), a Tabela 2.10 ilustra a contribuição para a investigação primária dos estudos. Assim, a distribuição está da seguinte forma: 33% dos artigos tratam sobre proposta de solução; pesquisa de avaliação 50%; artigos de opinião 17%, e; não foi encontrado artigo de validação de investigação.

Tabela 2.10: Tipos de pesquisa para a investigação das métricas e indicadores.

Tipo de Pesquisa	Porcentagem (%)	Frequência
Proposta de solução	33	4
Pesquisa de validação	0	0
Pesquisa de avaliação	50	6
Pesquisa de opinião	17	2

2.6.8 Análise de Soluções Existentes para o Apoio à Distribuição das Etapas do Processo às Equipes Dispersas em DDS

Durante a extração de dados, não foi possível identificar a distribuição das etapas do processo às equipes dispersas a nível global, mas utilizou-se critérios de execução das atividades, tarefas e recursos inerentes ao processo que compõe um determinado projeto. O processo é um arcabouço com as tarefas que são necessárias para construir software de qualidade, facilitando a coordenação e acompanhamento das atividades (Baetjer, 1998).

Baseado na suposição de que existe uma relação entre a natureza das tarefas que compõe o processo e a natureza da distribuição das equipes de desenvolvimento dispersos geograficamente, foram incluídos no estudo os modelos de alocação de tarefas (Czekster et al., 2010; Ribeiro e Elias, 2011) e análise de desempenho das equipes distribuídas globalmente (Ramasubbu et al., 2011), buscando produtividade de projetos.

A classificação do desenvolvimento distribuído interfere na característica da alocação de tarefas, equipes e recursos em projetos de DDS. No entanto, observa-se que no trabalho de (Lamersdorf et al., 2009), foram identificados e analisados os tipos de classificação que se referem à terceirização, desenvolvimento de software padrão e desenvolvimento de software personalizado. A Tabela (Apêndice A), apresenta as principais características dos modelos identificados.

2.7 Trabalhos Relacionados

Esta seção apresenta três trabalhos relacionados com o tema de pesquisa e constituíram-se a fonte para elaborar Uma Estratégia para Auxiliar na Distribuição da Etapa de EReq em DDS. Os trabalhos definem, respectivamente, práticas para analisar o desempenho das equipes de desenvolvimento a partir da perspectiva da teoria sociotécnica e da coordenação (Lu et al., 2010), estudo de caso, visando compreender como o impacto causado pela distribuição para as partes interessadas pode influenciar as equipes a definir os requisitos de software entre locais remotos de desenvolvimento e distribuídos (Damian e Zowghi, 2002) e avaliação de processos de software baseada em medições (Gomes et al., 2001).

2.7.1 Abordagem de (Lu et al., 2010)

Lu et al.,(2010), apresentam um modelo de práticas para analisar o desempenho das equipes de desenvolvimento a partir da perspectiva da teoria sociotécnica e da coordenação.

Este modelo é baseado no estudo de três aspectos da teoria da coordenação e sociotécnico (pessoas, tecnologia e tarefas) e utiliza as características de habilidades de coordenação e dependências entre as tarefas em locais distribuídos. Ao contrário da proposta apresentada neste artigo, a estratégia EDEEReq-DDS integra análise de requisitos funcionais e não funcionais das regras de negócios para posterior distribuição da etapa de EReq de software à equipes em varias localidades geográficas.

2.7.2 Abordagem de (Damian e Zowghi, 2002)

Este artigo apresenta uma pesquisa aplicada em um estudo de caso, visando compreender como o impacto causado pela distribuição das partes interessadas pode influenciar as equipes a definir os requisitos de software entre locais remotos de desenvolvimento.

O objetivo da pesquisa foi examinar as práticas de engenharia de requisitos no desenvolvimento global de software (DGS), para formular recomendações para melhoria, bem como fornecer direções para futuras pesquisas sobre métodos e ferramentas. Os principais estudos da pesquisa foram: (i) identificar o impacto da distribuição geográfica das partes interessadas nas atividades de engenharia de requisitos no DGS; (ii) compreender como os requisitos são desenvolvidos com estruturas organizacionais diferentes e distribuídas globalmente; (iii) compreender os desafios enfrentados pelas organizações; e (iv) identificar as estratégias e tecnologias utilizadas para superar os desafios. Damian e Zowghi,(2002), propõe um modelo de engenharia de requisitos para categorizar os desafios devido à distribuição geográfica das partes interessadas, por forma à auxiliar a configuração da distribuição, ilustradas na Figura 3.1.

No estudo, os maiores problemas da distribuição geográfica das partes interessadas foram divididas em 4 problemas: comunicação inadequada, gerência do conhecimento, diversidade cultural e diferença temporal. Pode-se observar que na segunda camada consta o resultado das dificuldades encontradas no estudo de caso, decorrentes dos problemas enfrentados pelas partes interessadas na configuração da distribuição da engenharia de requisitos. E, por fim, a terceira camada apresenta atividades de engenharia de requisitos afetadas por estes desafios.

Os resultados desse estudo sugerem que a engenharia de requisitos em ambientes distribuídos é mais efetiva quando as partes interessadas participam ativamente nas atividades síncronas do processo de requisitos.

O estudo aponta diversas possibilidades de trabalhos, ressaltando que a engenharia de requisitos em ambientes distribuídos é uma grande área para pesquisa futura com assuntos

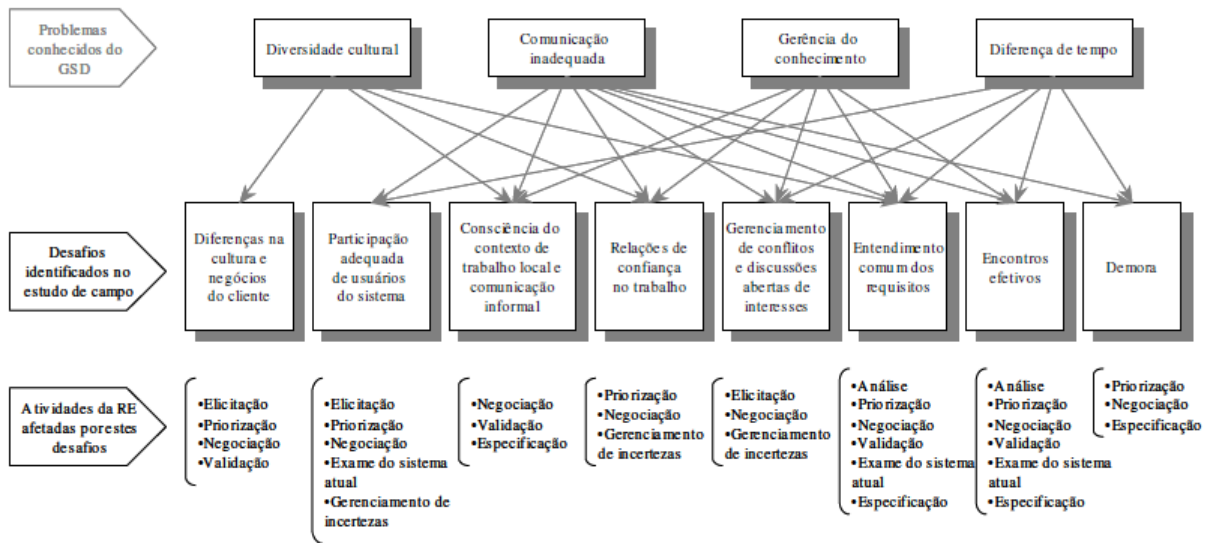


Figura 2.8: Modelo de impacto dos desafios e atividades afetadas da engenharia de requisitos devido a problemas de DGS-adaptado de (Damian e Zowghi, 2002).

relacionados a confiança, gestão de conhecimentos, comunicação, diferenças culturais e geográficos.

2.7.3 Abordagem de (Gomes et al., 2001)

Gomes et al.,(2001) propõem uma abordagem para avaliação de processos de software que define como selecionar métricas adequadas seguindo a abordagem GQM, estabelece a realização de medições como parte integrante do processo de desenvolvimento e propõe a análise dos resultados apoiada em um sistema baseado em conhecimento.

O objetivo da pesquisa foi examinar os processos de software em medições, que envolve desde a seleção e definição de métricas até a análise dos resultados obtidos com a indicação dos possíveis problemas enfrentados pela equipe de desenvolvimento durante o decorrer dos trabalhos.

Os principais estudos da pesquisa foram: (i) melhorar a precisão das estimativas de projeto; (ii) aumentar a qualidade dos produtos liberados para uso; e (iii) diminuir o custo final dos projetos. Gomes et al.,(2001), propõe uma estrutura para avaliar as métricas para melhoria do processo de software, de modo a melhorar a precisão das estimativas, ilustrada na Figura 4.2.

O objetivo principal, no topo da estrutura, é a "Precisão das Estimativas" e, este deve ser dividido em dois sub-objetivos diretos que são: "Precisão Total do Cronograma" e

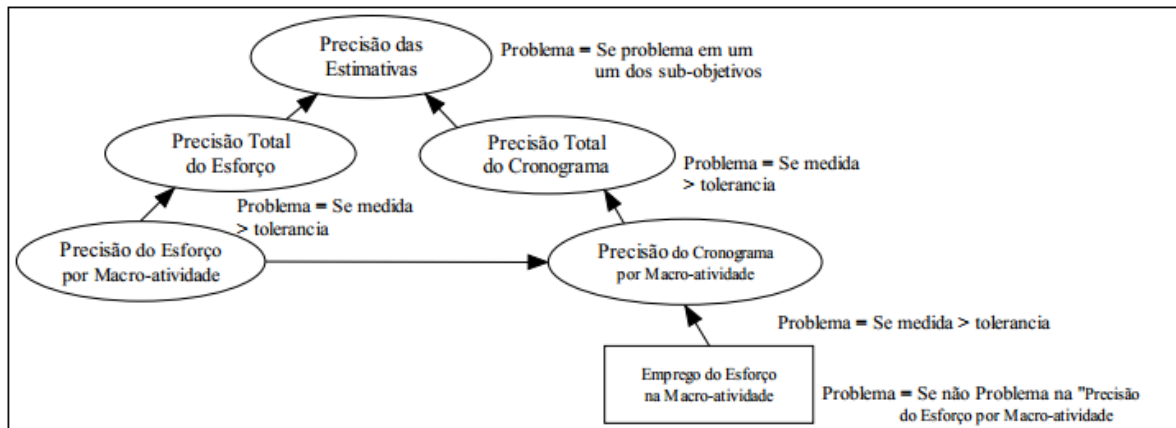


Figura 2.9: Estrutura de decisão para o objetivo com a representação do primeiro nó terminal.

”Precisão Total de Esforço”. Por sua vez a análise de ”Precisão Total do Cronograma” é derivado da ”Precisão do Cronograma por Macro-atividade” e a métrica definida para este objetivo é ”o tempo total sobre o tempo estimado para todo o projeto”, e para definir o que é um problema para ela é necessário levar em consideração um número muito grande de fatores, como, por exemplo, as características da empresa e o nível de maturidade do processo.

Por outro lado, no ”Emprego do Esforço na Macro-atividade”, deverá ser incluída a estrutura como a segunda causa possível. Para determinar se houve um problema na ”Precisão do Cronograma por Macro-atividade”, também será utilizada a tolerância já definida para a ”Precisão Total do Cronograma”.

Os resultados desse estudo sugerem que este procedimento possa ser repetido para a ”Precisão do Esforço por Macro-Atividade”, e seus sub-objetivos até que não existissem mais nós passíveis de serem expandidos.

2.8 Considerações Finais

Nesta revisão sistemática da literatura analisamos os resultados de 12 artigos em DDS que exploram os problemas enfrentados pela alocação de tarefas, equipes, configuração de processos às equipes distribuídas. A pesquisa apresenta a relação das características de estudos de pesquisa publicados por ano, tipo de pesquisa utilizado, características e técnicas abordadas. Esta pesquisa é importante porque destaca as lacunas e oportunidades em evidências sobre utilização de indicadores para distribuição das etapas do

processo de software às equipes distribuídas em DDS. Com base nos dados coletados é possível identificar as seguintes evidências:

Conclusão # 1: A maioria dos estudos está relacionada com alocação de equipes no DDS e contextos são baseados em estudos acadêmicos.

A maioria de estudos está relacionada a problemas de alocação de equipes geograficamente distribuídas, o que significa que os pesquisadores tendem a descobrir os problemas enfrentados pelos membros das equipes pelo estudo experimental ao invés de propor um estudo observacional.

Conclusão # 2: Há uma carência de pesquisas com foco na distribuição das etapas do processo de software às equipes em várias localidades geográficas em DDS.

Há duas razões plausíveis para a falta desse foco de pesquisa: 1) apesar do processo ser um fator importante no desenvolvimento de software, geralmente, não são suficientemente maduros para fazer uso de medições e na alocação a equipes devido às diferenças significativas no contexto do projeto e, portanto, gerentes de projetos tendem a utilizar a prática da alocação de tarefas, com técnicas do caminho crítico (Jalote e Jain, 2006), simulação (Setamanit et al., 2006, 2007), método de comparação constante (Lamersdorf et al., 2009), ou 2) os investigadores ainda não estão amplamente conscientes da necessidade de estudos exploratórios que identifica um mecanismo que permite propor uma estratégia de alocação baseada em indicadores por meio de análise de um conjunto de métricas, que além de permitirem prever e avaliar como os aspectos técnicos, não técnicos e comunicação afetam, também, a qualidade na distribuição das etapas do processo a membros da equipe em projetos geograficamente distribuídos.

Conclusão # 3: Existe a necessidade de mais estudos com foco em métricas e indicadores de qualidade.

Os resultados da revisão mostrados na Tabela (Apêndice A) indicam que a maioria das propostas até agora, referem-se em grande parte, à alocação de equipes e tarefas em locais distribuídos, considerando os fatores técnicos e não técnicos separadamente com base na análise de variáveis de associação. Os resultados da análise dos artigos não sugerem estudos da relação entre as métricas de qualidade e indicadores analisando os fatores de qualidade tais como confiabilidade, eficiência, manutenibilidade, funcionalidade e portabilidade. Nesse contexto acredita-se que a avaliação de métricas de qualidade relacionadas à indicadores torna-se necessário para garantir que a qualidade da distribuição das etapas do processo de software esteja disponível para equipes em várias localidades geográficas oferecendo uma perspectiva ao gerente de projeto medir e monitorar os resultados no cumprimento de melhoria contínua do processo.

METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo descreve a metodologia adotada para guiar a investigação conduzida, nesta dissertação de mestrado, sobre as métricas capazes influenciar nas iniciativas da distribuição da etapa de EReq de software de DDS.

3.1 Considerações Iniciais

No capítulo anterior, foram apresentadas os desafios, problemas e principais dificuldades para o foco de pesquisa, bem como as limitações de estudos conduzidos na área sobre iniciativas para tratar distribuição de tarefas, equipes e atividades de DDS. Considerando essas questões, foi identificada a necessidade de construir uma estratégia para auxiliar na distribuição da etapa de EReq em DDS relacionados com fatores técnicos, não técnicos, meios de comunicação e do contexto sócio-cultural.

Para tanto, foi considerado relevante adotar uma metodologia baseada no aspecto sócio técnico (Obata et al., 2012), pois, segundo Greene,(1986), o conhecimento sócio técnicos têm como objetivo obter o melhor ajuste entre sistemas social e técnicos. Por conseguinte, a construção do processo de software é um processo social, pois se fundamenta na compreensão comum dos envolvidos no processo e em suposições (Pfleeger, 1999).

Existem, atualmente, duas linhas complementares de pesquisa, métodos quantitativos, que envolvem a coleta e análise de dados numéricos e são fortemente apoiados em estatística e, os qualitativos, que envolvem a coleta e análise de dados como palavras (por exemplo, questionários de entrevistas), imagens (por exemplo, vídeo), ou objetos (por exemplo, um artefato) (Creswell, 2003), possibilitando ao pesquisador uma escolha daquele que dê melhores respostas ao seu problema (Morse e Richards, 2002).

Creswell,(1997) aponta 5 tipos de métodos qualitativos: pesquisa narrativa, pesquisa fenomenológica, pesquisa com Grounded Theory (teoria fundamentada em dados), pesquisa etnográfica e pesquisa baseada em estudo de caso. Apesar dos métodos apresentados por Creswell,(1997) , decidiu-se utilizar a técnica GQM (*Goal Question Metrics*) adotado em estudos na área de Engenharia de Software (Basili e Rombach, 1988) para guiar a condução da investigação, pois esse método estabelece um conjunto de procedimentos para condução de pesquisa qualitativa, bem como descrever e explicar fenômenos do mundo real (Ragin, 1994).

3.2 O Método Goal Question Metric

3.2.1 Linhas de Pesquisa

O método utilizado na pesquisa é o GQM que foi proposto por Basili e Rombach,(1988). GQM é uma técnica de medição direcionado aos objetivos, e tem sido adotado em pesquisas qualitativas para realização de medições como parte integrante do processo de desenvolvimento e propõe a análise dos resultados apoiada em um sistema baseado em conhecimento. Essa técnica define um modelo que contém três níveis:

- **Nível Conceitual (*Goal*)**. Um objetivo é definido para um objeto, que pode ser recurso, um produto ou processo.
- **Nível Operacional (*Question*)**. Um conjunto de questões é usado para definir a maneira de como um objetivo será alcançado.
- **Nível Quantitativo (*Metric*)**. Um conjunto de métricas é associado às questões com o objetivo de respondê-las de maneira quantitativa.

As características descritivas do GQM, é tida como uma das razões pelas quais essa linha tem sido adotado nos estudos qualitativos na área de Engenharia de Software. Ela aceita associar outras técnicas com o objetivo de respondê-las de maneira quantitativa. Portanto, neste trabalho, será adotada essa linha de pesquisa por investigar uma combinação de métricas.

3.2.2 O paradigma Goal Question Metric

O paradigma GQM foi criado pelos pesquisadores Basili e Rombach,(1988) que baseia na convicção de que para uma organização medir de forma eficiente, é necessário, primeiro,

especificar os objetivos a serem alcançados, relacionar este objetivo com os dados reais obtidos através de medições e, finalmente, a interpretação destes dados de acordo com os objetivos propostos. Basili et al.,(1994),apresentam a técnica GQM como um conjunto de procedimentos para gerar, elaborar e validar os aspectos técnicos, não técnicos e de comportamento humano que associam dados e análise de dados como palavras (por exemplo, questionários de entrevistas) para dar respostas de forma quantitativa.

A abordagem GQM tem como característica a definição de metas (*goals*): define objetivos relevantes para organização; perguntas (*questions*): gera um conjunto de perguntas que define os objetivos mediante aspectos qualitativos, de forma que elas possam ser medidas; e métricas (*metrics*): especifica um conjunto de métricas que precisam ser coletadas para responder as perguntas geradas, nesta ordem e, portanto, no sentido top down, e a interpretação de resultados, no sentido bottom-up, conforme ilustrado na Figura 3.1 (Latum et al., 1998).

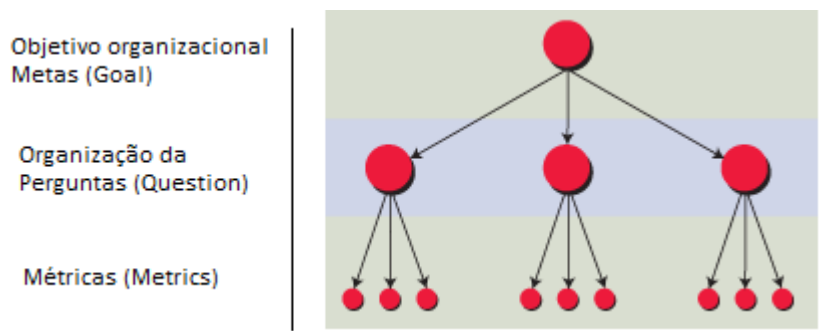


Figura 3.1: Estrutura GQM. Fonte: adaptado de Latum et al.,(1998)

Para apresentar essas vantagens, programas de mensuração baseados em GQM devem ser planejados e executados de acordo com os seguintes princípios:

- **Meta (*Goal*)** análise dos resultados da distribuição da etapa de EReq em DDS baseado na correlação das métricas;
- **Pergunta (*Question*)** Como ocorre a distribuição da etapa de EReq de software com respeito às equipes distribuídas em várias localidades geográficas? e;
- **Medida (*Metrics*)** Análise as métricas extraídas e adaptadas da literatura na validação experimental com intuito de proporcionar indicadores para distribuição da etapa de EReq em DDS.

3.2.3 Planejamento

O princípio de planejamento no paradigma GQM define que, um projeto de medição é selecionado, definido, caracterizado e planejado, começando por definir uma equipe.

Existem três tipos de procedimentos para separar a equipe GQM consoante a atividade proposta por Solingen e Berghout,(1999), que pode ser equipe interna, composta por membros que também fazem parte do mesmo projeto; e equipes mistas, contém pessoas externas e internas ao projeto, o que ocorre quando as competências e as pessoas interessadas nas métricas encontram-se em diferentes lugares. Solingen e Berghout,(1999) (Figura 3.2) descrevem que no plano do projeto inclui as atividades de: (i) definição, (ii) coleta de dados e (iii) interpretação.

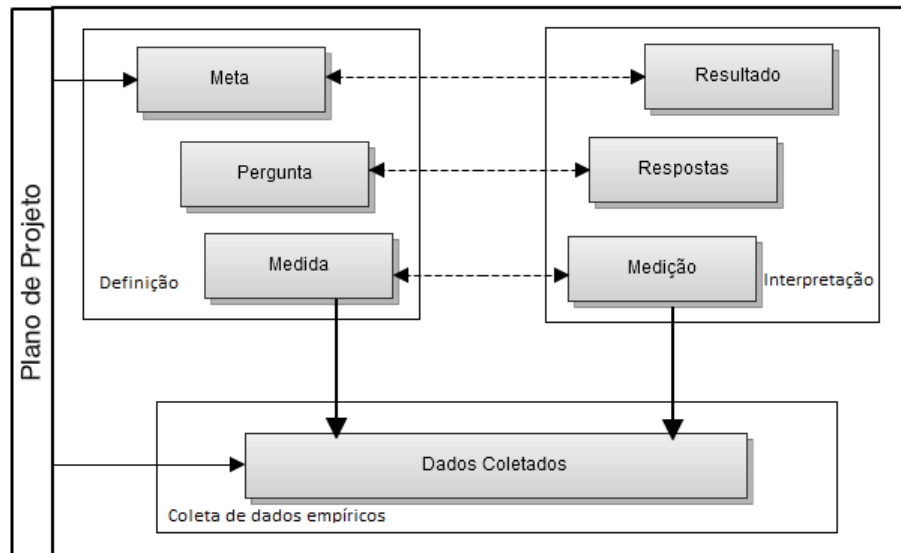


Figura 3.2: Fases do GQM. Fonte: adaptado (Solingen e Berghout, 1999).

3.2.4 Definição

A definição na abordagem GQM tem como objetivo estabelecer, exatamente, quais são os objetivos relevantes para estratégia e os atributos a serem medidos, pois ela vai englobar as três sub fases que constituem o coração da metodologia de pesquisa (Solingen e Berghout, 1999):

- Definição dos objetivos, engloba definir metas de medição, perguntas e hipóteses, métricas e fatores que devem ser derivados da área de melhoria que foram determinadas no planejamento.

- Questões, envolve o refinamento das perguntas a serem respondidas de modo a traduzir os objetivos do estudo, refinamento das perguntas e hipóteses, conduzir as entrevistas, revisar o modelo do processo e elaborar o plano de GQM.
- Métricas, proporcionam a informação quantitativa necessária para responder as perguntas e orientar a correta interpretação dos resultados que envolvem verificar consistência e completeza das métricas, elaborar o plano de medição e análise. Qualquer que seja a técnica ou abordagem de GQM, a fase de definição deve ser derivada das metas estratégicas da organização ou, mais diretamente, das metas de negócio com respeito aos problemas conhecidos para integrá-las adequadamente no programa de mensuração.

3.2.5 Coleta de dados

A definição na abordagem GQM tem como objetivo estabelecer exatamente quais dados devem ser coletados, derivado das métricas. Nesse caso, as variáveis dependentes e independentes para o processo de validação experimental devem ser bem definidas e refinadas (Solingen e Berghout, 1999).

3.2.6 Interpretação

A interpretação do resultado depende da estrutura de como foi realizado o planejamento e execução do experimento, pois os resultados devem ser válidos para a população (Basili e Rombach, 1988; Solingen e Berghout, 1999).

3.2.7 Aplicação da Abordagem GQM na Área de Software

Métodos qualitativos têm sido utilizados na área de engenharia de software para conduzir a investigação na área de sistemas de informação (Creswell, 1997). O GQM tem sido adotado em pesquisas qualitativas para a realização de medições como parte integrante do processo de desenvolvimento e, propõe, a análise dos resultados apoiada em um sistema baseado em conhecimento (Basili et al., 1994). Apesar disso, pesquisas utilizando o método GQM é bem menor em engenharia de software quando comparada à área de sistemas de informação por tratar de questões estratégicas da organização e de cunho gerencial (Solingen e Berghout, 1999).

O uso de métodos qualitativos pode trazer diversos benefícios para a pesquisa teórica e prática aplicados em diversos contextos da ciência e, atualmente, serve com frequência como pedra angular para muitos processos de medição (Buglione e Abran, 2000). Murasse

e Mendes,(2011) , apresentam na pesquisa de avaliação, o uso da abordagem GQM e do gerenciamento de portfólio de projetos (PPM) em complemento ao *Balanced Scorecard* (BSC) (Murasse e Mendes, 2011). O objetivo do estudo foi definir indicadores BSC conforme a abordagem GQM e avaliar iniciativas quanto ao grau de alinhamento estratégico de acordo com conceitos e técnicas de PPM, e identificar quais mecanismos de avaliação do alinhamento estratégico das iniciativas, que geralmente são representadas por projetos, contribuem para garantir a execução dos objetivos estratégicos.

Gomes et al.,(2001) descrevem uma abordagem para avaliação de processos de software que define como selecionar métricas adequadas seguindo a abordagem GQM, estabelece a realização de medições como parte integrante do processo de desenvolvimento e propõe a análise dos resultados apoiada em um sistema baseado em conhecimento. Korhonen e Salo,(2008) propuseram uma combinação de três métricas de qualidade derivadas de objetivos de negócio para apoiar o processo de gerenciamento de defeitos que inclui a prevenção de defeitos, descoberta, resolução e melhoria de processos no programa de desenvolvimento de software utilizando a abordagem GQM.

Esta proposta foi avaliada empiricamente e foi testado em projetos distribuídos de quatro empresas multinacional.

3.3 Metodologia de Pesquisa

A metodologia de pesquisa adotada, nesta dissertação de mestrado, é a técnica GQM (Basili e Rombach, 1988). Esta escolha é fundamentada com base em procedimentos para condução de pesquisa já existentes e apresentados na seção 3.2.3.

A metodologia de pesquisa deste trabalho, é apresentada na Figura 3.3.

Seguindo a abordagem GQM, foram inicialmente estabelecidos os objetivos a serem alcançados na validação experimental considerando as métricas de estimativa de esforço e os fatores de comunicação utilizando as ferramentas síncronas e assíncronas de comunicação. Para estabelecer estes objetivos, especialistas da área de gerência de projetos foram consultados a respeito dos principais problemas enfrentados na distribuição da etapa de EReq no desenvolvimento do produto. A metodologia descrita na presente seção, tem como objetivo apoiar no entendimento da elaboração da pesquisa a ser aplicada na estratégia.

A seguir são descritos os Passos da Metodologia de Pesquisa

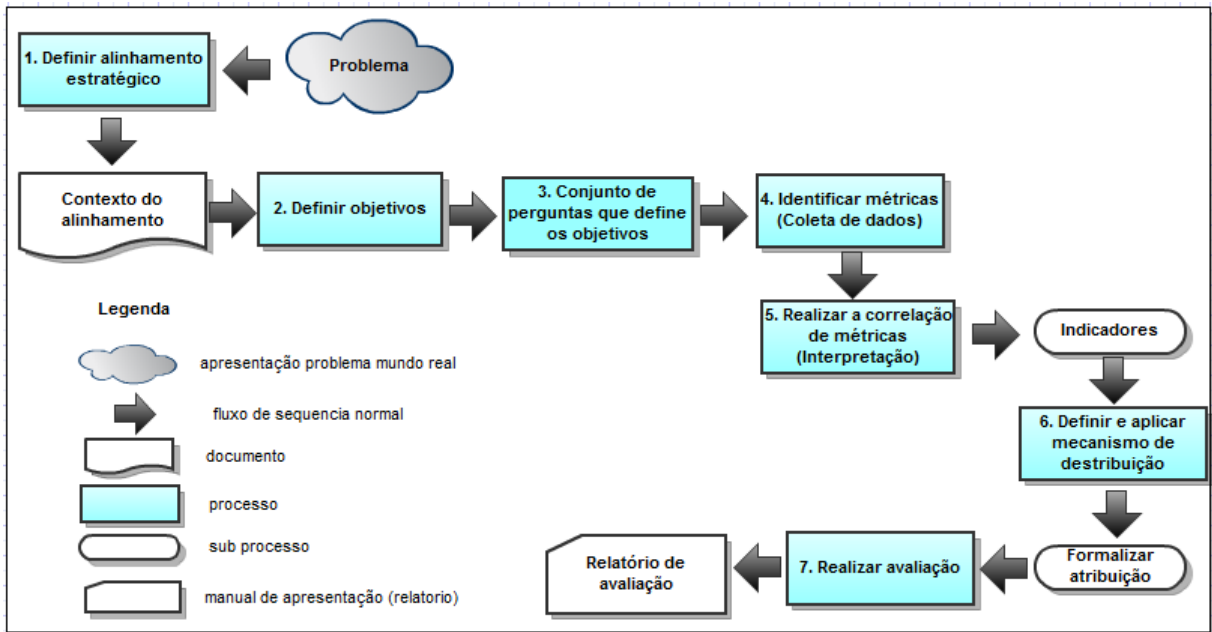


Figura 3.3: Metodologia de pesquisa.

3.3.1 1º Passo: Definir o alinhamento estratégico

Definir o alinhamento estratégico, após descrever o problema ou fenômeno de interesse, envolve a definição de questões gerenciais e técnicas a serem respondidas com relação às métricas através do método GQM. Serão analisadas, identificadas na literatura e apresentadas.

3.3.2 2º Passo: Definir os objetivos

Definir os objetivos, estabelece exatamente quais são as dimensões das metas e objetivos a serem medidos, perguntas e hipóteses. Segundo Solingen e Berghout,(1999) tanto os objetivos a serem medidos, hipóteses e perguntas, são possíveis de serem identificadas para traduzir-se em metas necessárias para resolver o problema da distribuição da etapa de EReq em DDS baseada na correlação das métricas.

3.3.3 3º Passo: Elaborar conjunto de perguntas que define objetivos

Selecionar um conjunto de perguntas que define os objetivos. Envolve a elaboração, o refinamento das perguntas e hipóteses que definem os objetivos mediante os aspectos qualitativos, de forma que elas possam ser medidas pelos gerentes de projetos.

3.3.4 4º Passo: Identificar métricas

Identificar métricas, após terem sido identificados o conjunto de perguntas que, se respondidas, vão cumprir os objetivos estabelecidos, é necessário definir cada elemento das métricas que comporão a estratégia, afim de tornar tais medidas aplicáveis. Tal definição consiste na elaboração de um documento detalhando cada elemento a ser medido, com ênfase nos seguintes aspectos (Basili et al., 1994; Briand et al., 1995) : objetivo do estudo, o que vai ser analisado?; porque o objeto será analisado?; enfoque na qualidade, qual atributo do objeto que será analisado?; ponto de vista, quem usará os dados coletados?, e, por fim, o contexto no qual um ambiente está inserido. A ideia é que com isto, será possível orientar para a correta interpretação dos resultados que envolvem a verificação da consistência e completeza das métricas.

3.3.5 5º Passo: Estabelecer a correlação de métricas

Realizar a correlação de métricas. Esta atividade tem como objetivo verificar e analisar a correlação das métricas por meio de um estudo experimental, descrito na seção 6, visando proporcionar um conjunto de métricas, denominados indicadores capazes de apoiar a gerência de projetos na tomada de decisões na distribuição da etapa de EReq de software à equipes em várias localidades geográficas buscando, desta forma, contribuir para a pesquisa e prática de melhoria do processo de desenvolvimento.

3.3.6 6º Passo: Estabelecer e aplicar a estratégia de distribuição

Estabelecer e aplicar a estratégia de distribuição com base nas regras do negócio, condições que devem ser cumpridas pelo sistema a fim de atender a um objetivo do negócio envolvendo os (RF) e (RNF) do sistema estabelecidos pelo gerente da equipe. Portanto, a configuração das regras de negócio devem ser avaliadas pelos membros da equipe em termos do nível de influência (NI) em uma escala de 1 a 5, onde pressupõe, 1 nenhuma influência, 2 mínima, 3 média, 4 significativa, e 5 grande influência. A formulação da atribuição consiste em verificar o nível atribuído pela equipe na escala de critérios para cada regra de negócio, ou seja, nesta atividade, deverão ser verificados os itens da escala para cada métrica (estimativa de esforço e fatores de comunicação utilizando ferramentas síncronas e assíncronas), e se a métrica poderá ser reusada ao longo da EReq. Cada uma das descrições das regras de negócio inclui elementos da métrica, níveis de influência da estimativa de esforço associado ao participante e fatores de comunicação; métricas de estimativa de esforço e fatores de comunicação para realizar a etapa de EReq, e o valor da

métrica da distância temporal e geográfica entre os locais de equipes distribuídas descrita na seção 7.1.3. Não se pretende que as regras para a determinação do nível de influência cubram todas as situações das regras de negócio. Ao invés disso, a intenção é que as mesmas forneçam orientação do nível de influência apropriado à métrica.

3.3.7 7º Passo: Realizar avaliação

Realizar avaliação, por fim esta atividade da metodologia compreende a obtenção de um conjunto de informações sobre avaliação do estudo em relação ao método utilizado no estudo experimental. Para tanto, é fundamental que sejam registradas anotações ao longo de toda metodologia de pesquisa, (a) definição dos objetivos, (b) perguntas e (c) métricas identificadas da literatura para garantir a correlação com a finalidade de extrair indicadores.

3.4 Estrutura Geral da Pesquisa

O objetivo da pesquisa é elaborar uma estratégia capaz de realizar de forma confiável, com base em indicadores a distribuição da etapa de EReq de um processo de software em DDS. Afim de evitar a influência de coleta de dados e idéias preconcebidas aplicou se a metodologia de pesquisa com o método GQM, com a técnica de entrevistas abertas aplicadas a especialistas da área de Tecnologia de Informação.

Para tanto, foram definidas as seguintes questões de pesquisa de forma aberta: **Q1:** Quais são as métricas capazes de influenciar a distribuição da etapa de EReq do processo de software de DDS? **Q2:** Baseado nas evidências encontradas, que informação é utilizada para medir a distribuição da etapa de EReq no processo de software à equipes geograficamente distribuídas? **Q3:** Quais tipos de contribuição para a investigação das métricas e indicadores foram encontradas? A pesquisa foi dividida em duas fases, conforme apresenta a estrutura geral da pesquisa ilustrado na Figura 3.4.

A primeira fase da pesquisa envolveu a revisão bibliográfica realizada para saber sobre o estado da arte dos estudos em DDS, métricas, processos de software, abordagem GQM com a finalidade de formar um referencial teórico consistente para fundamentar a proposta. Posteriormente, foi elaborado um estudo baseado na revisão sistemática da literatura, um método definido para construir um esquema de classificação e estruturação de todas informações existentes sobre algum fenômeno de forma completa e imparcial (Kitchenham, 2007), sobre métricas e indicadores para auxiliar a distribuição da etapa de EReq em DDS. A revisão sistemática é uma técnica de análise que permite englobar

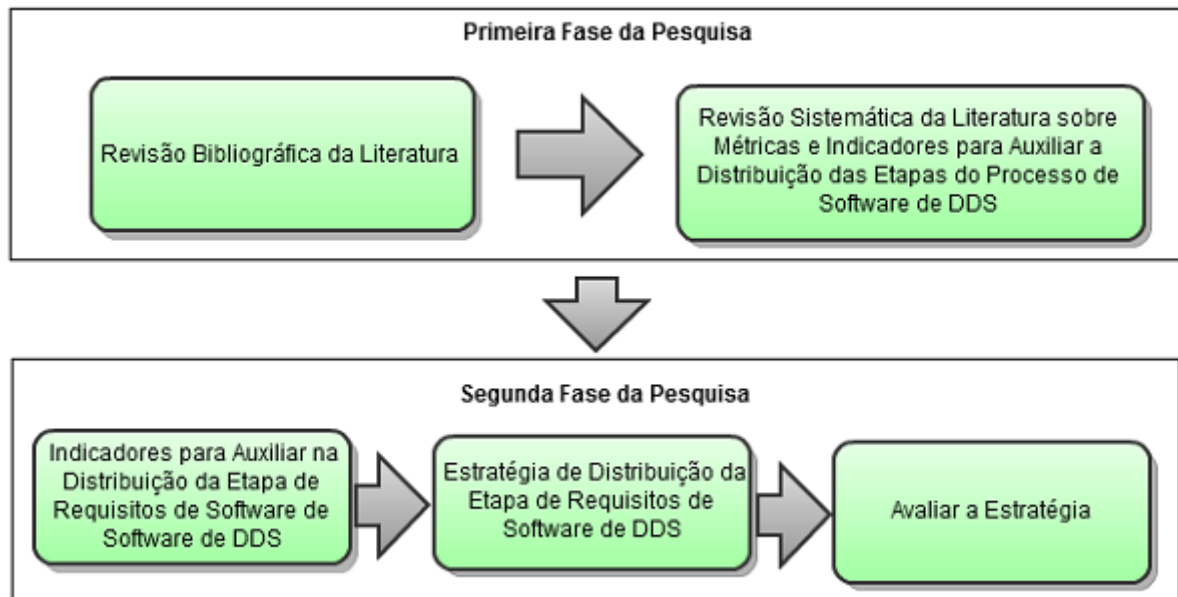


Figura 3.4: Estrutura geral da pesquisa.

uma busca exaustiva, e visa proporcionar uma análise exaustiva e repetitiva de toda a literatura relevante.

O resultado da primeira fase de investigação encontra-se em Matusse et al.,(2012).

Na segunda parte da pesquisa, foi utilizada a primeira parte de forma a focar a pesquisa apenas na etapa de EReq do processo de software, seguindo método GQM, para estabelecer indicadores por meio do conjunto das métricas para auxiliar a distribuição da etapa de EReq em DDS. Esta fase contém a definição das atividades do processo descritas na metodologia de pesquisa da Figura 3.3. Para a realização deste trabalho, inicialmente, foram identificadas na literatura os tipos de métricas para, através da correlação, proporcionar um conjunto de métricas, neste caso indicadores capazes de apoiar a gerencia na tomada de decisões na distribuição da etapa de EReq à equipes em várias localidades geográficas.

Segundo esta estratégia, as atividades que compõem a etapa de EReq do processo devem possuir uma escala consoante ao nível de influência (NI) que varia de 1 a 5 atribuída pelas equipes participantes do projeto, onde a correspondência pressupõe, 1 nenhuma influência, 2 mínima, 3 média, 4 significativa, 5 grande influência, e deve ser realizada através de um processo constituído de atividades que permitam adquirir de forma estruturada, a fórmula ajustada da distribuição da etapa de EReq de software em DDS.

A estratégia da distribuição foi desenvolvida para apoiar a gerência na tomada de decisões na distribuição da etapa de EReq de software baseada em indicadores visando a melhoria do processo de desenvolvimento.

3.5 Considerações Finais

Este capítulo apresentou os conceitos do método de pesquisa qualitativo denominado Goal Question Metrics (GQM).

Seguiu-se a apresentação da metodologia de pesquisa adotada, bem como a estrutura da investigação conduzida, nesta dissertação, sobre os métricas e indicadores capazes de auxiliar na distribuição da etapa de EReq em DDS. Procurou-se, na definição da metodologia e da estrutura da pesquisa, seguir os princípios e conceitos do método GQM proposto por (Basili e Rombach, 1988). Além disso, foi considerada, também, a revisão sistemática da literatura, visando obter um entendimento inicial de conceitos nos estágios da investigação.

MÉTRICAS PARA ESTUDO EXPERIMENTAL

Este capítulo descreve a seleção das métricas na literatura para o estudo empírico da validação experimental proporcionando indicadores para auxiliar na distribuição da etapa de EReq em DDS. Tais métricas são aplicadas a modelos do diagrama de casos de uso, em que cada equipe configura casos de uso para cada regra de negócio (iteração) levando em consideração a relevância de negócio e risco de desenvolvimento, com o objetivo de coletar dados que auxiliem na realização de análises qualitativas e quantitativas. Para tanto três tipos de métricas são considerados para análise, sendo elas, estimativa de esforço para realizar RF e RNF de casos de uso da etapa de EReq (Karner, 1993); fatores relacionados com meios de comunicação utilizando ferramentas síncronas e assíncronas de comunicação (Gotel et al., 2010); e índice de localização geográfica e temporal das equipes (OLeary e Cummings, 2007).

4.1 Seleção de Métricas para Estudo experimental

Seguindo a abordagem GQM (Basili et al., 1994), foram, inicialmente, estabelecidas metas a serem alcançadas na estratégia que servirão de base para que o gerente de projetos possa encontrar falhas na execução da etapa de EReq e propor melhorias e/ou direcionar os RF e RNF de casos de uso para outra equipe e, desta forma, alcançar níveis cada vez mais altos de qualidade.

A partir da identificação destas métricas foram, então, definidos três objetivos para o programa de medição: (i) identificar a estimativa de esforço para realizar RF e RNF de casos de uso da etapa de EReq (Karner, 1993); (ii) identificar os fatores relacionados com meios de comunicação utilizando ferramentas síncronas e assíncronas de comunicação (Gotel et al., 2010); e (iii) identificar o índice de localização geográfica e temporal das equipes (O'Leary e Cummings, 2007). A razão para escolha das métricas é a busca da maior precisão na estimativa de realizar os RF e RNF de casos de uso baseado no estudo sócio técnico, recursos humanos (pessoas), processos e tecnologia (ferramentas) em níveis de dispersão global, por fornecer uma visão mais detalhada da relação de entendimento de stakeholders e requisitos de sistema. Espera-se com essa distribuição a equipe selecionada para trabalhar com a etapa de requisitos possa: i) gerenciar o escopo de requisitos, ii) refinar o sistema através da especificação detalhada de requisitos e gerenciar as mudanças de requisitos.

Cada uma das descrições dos RF e RNF inclui elementos da métrica. E cada elemento da métrica contém dados sobre as características do processo, de forma, poder avaliá-lo. Para estabelecer estes objetivos, especialistas da área de TI foram consultados a respeito dos principais problemas enfrentados na distribuição da etapa de EReq no desenvolvimento do produto. A partir da identificação destas métricas foram, então, definidos três objetivos para o programa de medição. A seguir descrevemos as questões definidas para cada um dos objetivos.

4.1.1 Objetivo 1: Identificar a estimativa de esforço para realizar os RF e RNF de casos de uso da etapa de EReq

Para medir a estimativa de esforço envolvido no RF e RNF de casos de uso da etapa de EReq no desenvolvimento do projeto, são utilizadas tanto as estimativas de tamanho de RF e RNF de casos de uso quanto da produtividade da equipe. Desta forma, foi decidido que somente serão analisadas as estimativas de esforço da equipe para realizar RF e RNF de casos de uso, pois as outras estimativas (prazo e custo) serão dependentes dessa.

Duas perguntas foram caracterizadas como possíveis de estudar o objeto em questão: (i) "qual é o tamanho de RF e RNF de caso de uso especificado"?, e (ii) "qual é a estimativa de esforço necessário para realizar o RF e RNF de casos de uso do projeto"?, ilustrada na Tabela 4.1.

Segundo Fenton e Plfeeger,(1997), podemos estimar o tamanho através de várias técnicas: linhas de código (LOC) técnica utilizada para mensurar o tamanho de projeto já no final do seu desenvolvimento (Fenton, 1994); análise de pontos por função

Tabela 4.1: Métricas para o primeiro objetivo de avaliação segundo a abordagem GQM.

<p>Objetivo 1</p> <p>Propósito: diminuir o esforço</p> <p>Objetivo: realizar RF e RNF de casos de uso</p> <p>Questão: estimativa de esforço para realizar RF e RNF de casos de uso</p> <p>Ponto de vista: analisado sob o ponto de vista gerente de negócios</p>
<p>Questão 1: qual é a estimativa de tamanho para realizar RF e RNF de casos de uso do projeto?</p> <p>Métrica 1: estimativa de tamanho de RF e RNF de casos de uso = estimativa de tamanho de realizar casos de uso de cada iteração de desenvolvimento</p>
<p>Questão 2: qual é a estimativa de esforço para realizar RF e RNF de casos de uso do projeto?</p> <p>Métrica 2: estimativa de esforço para realizar RF e RNF de casos de uso = $\frac{TRN}{NTE}$</p> <p>Onde: TRN - tamanho de RF e RNF de casos de uso e NTE - número total de pessoas da equipe</p>

(APF) é a técnica que quantifica o tamanho de um software através de uma análise das funcionalidades fornecidas pelo usuário e, é independente da tecnologia utilizada (Pressman, 2006); pontos por caso de uso (UCP) criada por Karner,(1993), é baseada na APF, pois permite fazer estimativa no início do projeto com base nos modelos de caso de uso definidos pela regra de negócio; e pontos de caso de uso técnicos (TUCP) uma extensão da UCP, é aderente a produtos de software orientado a objetos buscando um cálculo mais acurado para a estimativa de esforço de realização da RF e RNF de casos de uso construído baseado em casos de uso.

Assim, a primeira questão para métrica 1.1 utilizou-se a técnica (TUCP) por fornecer a estimativa do tamanho logo no início do projeto com base nos modelos de caso de uso construídos. A razão para esta escolha é a busca por uma maior precisão na contagem de pontos de caso de uso e, por fornecer uma visão mais detalhada das estimativas de tamanho de RF e RNF de casos de uso da etapa de EReq para determinar a estimativa de esforço despendido por cada equipe (Karner,1993). Assim, pretende-se nessa técnica utilizar apenas os fatores técnicos e não-técnicos para se ter a estimativa de tamanho.

O processo de contagem de TUCP compõe-se das cinco etapas a seguir: (i) Contagem dos atores (UAW); (ii) Contagem dos casos de uso (TUUCW); (iii) Cálculo dos pontos de casos de uso não ajustados (TUUCP); (iv) Cálculo dos fatores de complexidade técnica (TCF); e (v) Cálculo dos pontos de caso de uso técnicos (TUCP). Analisando a equação

4.9, temos a estimativa de esforço para realizar RF e RNF de casos de uso que é decorrente da estimativa de tamanho por etapa EReq.

Neste trabalho, considera-se apenas a etapa: (i) EReq. Neste contexto, foram identificados a classificação dos atores, contagem de caso de uso, fatores de complexidade técnica (Ribu, 2001) e, fatores ambientais (Ribu, 2001) (Apêndice B).

Karner,(1993) e Ribu,(2001), descrevem um conjunto de métricas, apresentadas a seguir com a finalidade de extrair a equação 4.9 que se refere a estimativa d esforço para realizar RF e RNF de casos de uso Karner,(1993):

- **Contagem dos atores (UAW)**

O peso total dos atores do sistema, é calculado pela soma dos produtos dos atores de cada tipo pelo respectivo peso, UAW (*Unadjusted Actor Weight*), de acordo com os valores da Tabela 1 no (Apêndice B).

- **Contagem dos casos de uso (TUUCW)**

O cálculo dos pesos para os casos de uso foi elaborada na Tabela 2 no (Apêndice B), gerando-se assim o TUUCW (*Technical Unadjusted Use Case Points Weight*). O cálculo do peso dos casos de usos n-complexos é exibido nas equações: Eq. 4.1, e Eq. 4.2.

$$TUUCW = UCn + p \quad (4.1)$$

$$n = T/t \quad (4.2)$$

Onde:

UC - quantidade de casos de uso,

$TUUCW$ - contagem dos casos de uso,

T - Peso que corresponde a transição de caso de uso,

t - número de transação do caso de uso,

n - número inteiro obtido da divisao $n=T/t$,

p - é o peso obtido, com o resto (r) da diviso de $n=T/t$ e aplicado ao peso original(simples, medio, e complexo) do (Apêndice B).

- **Cálculo dos pontos de casos de uso não ajustados (TUUCP)**

Para se calcular os pontos de caso de uso não ajustados TUUCP (*Technical Unadjusted Use Case Points*) basta efetuar o somatório entre a complexidade de atores Tabela 1 no

(Apêndice B) e o cálculo da complexidade dos casos de uso Tabela 2 no (Apêndice B), conforme Eq. 4.3:

$$TUUCP = UAW + TUUCW \quad (4.3)$$

Onde:

$TUUCP$ - Cálculo de pontos de casos de uso não ajustados,

UAW - Contagem dos atores,

$TUUCW$ - Contagem dos casos de uso.

• Cálculo dos fatores de complexidade técnica (TCF)

Os TCFs são exibidos na Tabela 3 no (Apêndice B) com seus respectivos pesos. Os fatores técnicos cobrem uma série de requisitos funcionais do sistema. Podem receber notas que variam de 0 a 5, o valor 0 (zero) indicando que este item é irrelevante para o projeto, de pouca criticidade e baixa complexidade; o valor 3 indicando influência moderada; e o valor 5 uma forte influência, alta criticidade e complexidade. O TCF é obtido através da Eq. 4.4, onde $TFactor$ corresponde ao somatório dos produtos entre o peso e a nota atribuída de cada fator de complexidade técnica.

$$TCF = 0,6 + (0,01 \times TFactor) \quad (4.4)$$

Onde:

$TFactor$ - é o somatório dos produtos entre o peso e a nota atribuída de cada fator de complexidade técnica.

• Cálculo dos Pontos de Caso de Uso Técnicos

Depois de calculados os valores de $TUUCP$ (*Technical Unadjusted Use Case Points*), e TCF (*Technical Complexity Factor*), calcula-se a $TUCP$ (*Technical Use Case Points*) ajustada para o sistema todo, conforme a Eq. 4.5.

$$TUCP = TUUCP \times TCF \quad (4.5)$$

Onde:

$TUCP$ - Pontos de Caso de Uso Técnico,

$TUUCP$ - Pontos de casos de uso não ajustados,

TCF - Fator de Complexidade Técnica.

Portanto, o tamanho $TUCP$ de uma etapa é dado pela Eq. 4.6.

$$TUCP_{(etapa)} = TUCP \times PE \quad (4.6)$$

Onde :

$TUCP_{(etapa)}$ - é o tamanho de pontos de caso de uso técnico,

$TUCP$ - Pontos de Caso de Uso Técnico,

PE - corresponde ao percentual de esforço estimado para realizar o RF e RNF de casos de uso em mensuração.

• Cálculo dos Fatores Ambientais (EF)

O fator ambiental (EF) utiliza-se do mesmo mecanismo de peso, onde cada peso deve ser multiplicado pelo valor de 0 a 5. A Tabela 4 no (Apêndice B) mostra os fatores ambientais previstos e seus respectivos pesos (Ribu, 2001). O fator ambiental (EF) é calculado pela Eq. 4.7 abaixo:

$$EF = 1,4 + (-0,03 \times EFator) \quad (4.7)$$

Onde:

EF - Cálculo dos Fatores Ambientais

$EFator$ - é o somatório dos produtos entre o peso e a nota atribuída de cada fator ambiental

• Estimativa de Esforço por Etapa do Ciclo de Vida

Segundo Karner,(1993), a calibragem para a produtividade para cada etapa do ciclo de vida deve ser obtida da base histórica organizacional. Isto porque a experiência da equipe de desenvolvimento pode variar de uma etapa para outra, já que, normalmente, as pessoas envolvidas em uma etapa podem não ser as mesmas de uma outra etapa. Assim, a estimativa de tamanho da etapa de EReq do projeto é calculado na Eq. 4.8.

$$Esforco_{(etapas)} = TUCP_{(etapa)} \times EF \quad (4.8)$$

A estimativa de esforço para a segunda questão do objetivo 2 é descrita a seguir com a finalidade de extrair a equação Eq. 4.9.

$$Esforco_{(etapa)} = \left(\frac{\sum(Esforco_{(etapas)})}{(N^2 - N)/2} \right) \quad (4.9)$$

Onde:

Esforço_(etapas) - é a estimativa de tamanho da etapa de EReq,
TUCP_(etapa) - é o tamanho de pontos de caso de uso técnico,
EF - Cálculo dos Fatores Ambientais,
Esforço_(etapa) - é a estimativa de esforço da etapa EReq,
N - é número total da equipe em todos os locais.

4.1.2 Objetivo 2: Identificar os fatores relacionados com meios de comunicação utilizando ferramentas síncronas e assíncronas de comunicação

O processo de EReq depende largamente da comunicação entre os envolvidos, devido aos fatores relacionados com o fatores de comunicação. Desta forma uma questão foi definida para melhor caracterizar objetivo 2: (i) "quais são os fatores relacionados com os meios de comunicação utilizados entre as equipes"? Entretanto, identificar os fatores de comunicação não é uma tarefa tão fácil e direta sendo necessário levar em consideração os tipos de mensagens que podem interferir direta ou indiretamente na percepção e construção de requisitos funcionais do sistema. Como um requisito primordial da estratégia é utilizar métricas simples e fáceis de serem aplicadas, consideramos os fatores de comunicação síncrona e assíncrona. Assim, a comunicação é classificada em síncrona, onde os interlocutores estão presentes simultaneamente e a mensagem é enviada e recebida imediatamente, por exemplo: sistema de mensagens instantâneas, videoconferências, telefone e bate papo; e assíncronas, os interlocutores não precisam estar presentes simultaneamente e a mensagem é enviada podendo ser recebida em um momento posterior, exemplo: correio eletrônico, fórum, rede de relacionamento, blog, twitter, comunidade virtual e lista de discussão.

A Tabela 4.2 apresenta a métrica que procura analisar a fatores de meios de comunicação enviadas utilizando ferramentas síncronas e assíncronas de comunicação por cada equipe para esclarecimento de um requisito da regra de negócio.

A questão para objetivo 2 da pesquisa refere-se a fatores relacionados com meios de comunicação utilizando ferramentas síncronas e assíncronas utilizadas pelas equipes e que foram classificadas na Tabela 5 no (Apêndice B). Subsequentemente, a estatística significativa é apresentada usando a seguinte fórmula na Eq 4.10.

$$Fatcom_{(m)} = \left(\frac{\sum (Fatcom_{(m_{enviada})} \times Peso)}{(N^2 - N)} \right) \quad (4.10)$$

Onde:

Tabela 4.2: Métricas para o segundo objetivo de avaliação segundo a abordagem GQM.

<p>Objetivo 2</p> <p>Proposito: diminuir a dificuldade de envio de mensagens utilizando ferramentas síncronas e assíncronas de comunicação</p> <p>Objetivo: identificar os fatores de comunicação utilizado entre as equipes e a matriz</p> <p>Questão: precisão dos fatores de comunicação utilizados para se comunicar</p> <p>Ponto de vista: analisado sob ponto de vista do gerente de projetos</p>
<p>Questão 1: quais são os fatores relacionados com os fatores de comunicação utilizados entre as equipes?</p> <p>Métrica 1: fatores de comunicação por equipe = $\frac{(Fatcom_{m_{enviada}} \times Peso)}{NTE}$</p> <p>Onde: $Fatcom_{m_{enviada}}$ - fatores de comunicação enviada pela equipe para realizar regras de negócio e NTE - número total da equipe</p>

$Fatcom_{(m)}$ - é o fator de comunicação utilizado para enviar mensagens por equipe,

$Fatcom_{(m_{enviada})}$ - é o fator de comunicação utilizado para enviar mensagens por membro da equipe,

$Peso$ - é o peso equivalente ao fatores de comunicação utilizado para o envio da mensagem,

N - é número total da equipe em todos os locais.

4.1.3 Objetivo 3: Identificar o índice de localização geográfica e temporal das equipes

Para medir a métrica da distancia geografia e temporal, duas perguntas foram caracterizadas como possíveis de estudar: (i) "qual é a distancia geográfica das equipes em relação à matriz"?, e (ii) "qual é a precisão da distancia temporal das equipes em relação a matriz"?, afim de atribuir uma regra de negócio identificada na EReq. Não se pretende que as regras de negócio cubram todas as situações das distâncias. Ao invés disso, a intenção é que as mesmas forneçam orientação apropriada á métrica em relação à empresa matriz onde esta sendo desenvolvido o projeto, uma vez que se considera o modelo de negócio *offshore outsourcing*. Foi considerada uma métrica para cada questão, desta forma, pode-se avaliar se existe alguma dificuldade causada pela distância geográfica e temporal, como pode ser vista na Tabela 4.3

Baseado em O'leary e Cummings,(2007), o entendimento e análise de métricas devem ser definidas para poder ter uma base de medição. Os parágrafos a seguir descrevem como é calculada a média a nível da distância geográfica e temporal em relação aos locais

Tabela 4.3: Métricas para o terceiro objetivo de avaliação segundo a abordagem GQM.

<p>Objetivo 3</p> <p>Proposito: diminuir a dificuldade causada pela distancia geográfica e temporal</p> <p>Objetivo: medir a distância geográfica e temporal das equipes em relação a matriz</p> <p>Questão: precisão da distância geográfica e temporal</p> <p>Ponto de vista: analisado sob o ponto de vista gerente de portfólio</p>
<p>Questão 1: qual é a distância geográfica das equipes em relação a matriz?</p> <p>Métrica 1: distância geográfica entre a equipe x matriz = $\frac{KM_{ij}}{NPL}$</p>
<p>Questão 2: qual é a distância temporal das equipes em relação a matriz?</p> <p>distância geográfica entre a equipe x matriz = $\frac{TD_{ij}}{NPL}$</p> <p>Onde: KM_{ij} - distância entre locais i e j em quilômetros ou <i>miles</i>; TD_{ij} - diferença de horas i e j entre as localidades; e NPL - número de pessoas no local</p>

de desenvolvimento e o número de pessoas no local. Para a primeira questão temos a localização que se resume na distância entre os locais i e j em quilômetros ou *miles* sobre o número de pessoas nos locais i e j . Analisando a métrica definida pela equação 4.11, se houvesse apenas uma localização de desenvolvimento envolvida no componente a ser desenvolvido, a distribuição espacial do valor é zero. Se os locais forem dentro da mesma cidade, medimos a distância entre eles. Para a segunda questão temos o prazo a assumir o número de tempo i e j entre as localidades sobre o número de pessoas nos locais i e j .

A métrica 2 não pretende analisar a dispersão dos desenvolvedores em relação aos locais de desenvolvimento, isto é, desenvolvedores de software específico que possuem mobilidade de atuar em vários locais distribuídos, mas sim analisar os desenvolvedores que estão localizados no mesmo local temporal para realizar atividade do mesmo componente de software.

A formulação para a primeira questão consiste em medir a dispersão geográfica (espacial) respeitando as relações de precedências e de recursos (O'Leary e Cummings, 2007), descritas na equação Eq.4.11.

$$SDI = \sum_{i-j}^k \frac{(KM_{ij} \times n_i \times n_j)}{(N^2 - N)/2} \quad (4.11)$$

Onde:

SDI - é o índice da distância espacial,

KM_{ij} - são as milhas entre locais i e j ,

n_i e n_j - representam do número de pessoas no local i e j respectivamente.

K - é o número total de locais representados na equipe (por exemplo, edifícios).

N - é número total da equipe em todos os locais.

(O'Leary e Cummings, 2007), propõem a distribuição temporal para a segunda questão do objetivo que é descrita na equação Eq.4.12.

$$TDI = \sum_{i=j}^k \frac{(TZ_{ij} \times n_i \times n_j)}{(N^2 - N)/2} \quad (4.12)$$

Onde:

TDI - é o índice da distância temporal,

TZ_{ij} - é o número de zonas de tempo entre os locais i e j ,

n_i e n_j - representam do número de pessoas no local i e j respectivamente,

N - é número total da equipe em todos os locais.

4.2 Considerações finais

Este capítulo apresentou um conjunto de métricas para auxiliar a distribuição da etapa de EReq em DDS, utilizando a correlação para composição de indicadores como direcionador da distribuição.

As métricas visam a medição de elementos que compõe a estratégia, estimativa de esforço e fatores de comunicação utilizando ferramentas síncronas e assíncronas de comunicação para realizar as regras de negócio, incluindo: o índice da distância geográfica e temporal.

A métrica de estimativa de esforço baseiam-se na medição de pontos de caso de uso técnicos (TUCP), uma extensão de pontos de caso de uso (UCP) criada por Karner,(1993), para sistemas orientado a objetos. Já a métrica de fatores de comunicação utilizada pelas equipes são fundamentadas no conceito dos fatores de meios de comunicação (síncronas e assíncronas) resultante da classificação no Apêndice B.

As métricas do índice da distância espacial e temporal baseiam-se na localização que se resume na distância entre os locais i e j em quilômetros ou *miles*; e a diferença temporal refere-se a distância entre os locais i e j em horas, respectivamente.

Dessa forma, as métricas fazem-se necessárias para possibilitar análises experimentais, consideradas essências para distribuição da etapa de EReq em DDS às equipes dispersas em nível global.

VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DAS MÉTRICAS

Este capítulo descreve a validação experimental das métricas para adoção da estratégia, bem como limitações dos estudos conduzidos sobre os fatores: pessoas, processo e tecnologia. Segundo Braind (1995), a validação é utilizada para demonstrar se uma métrica realmente mede o atributo com a qual está relacionada. Sendo a validação experimental, uma teoria substantiva, ela permite demonstrar a real evidência que as medidas servem para o propósito para o qual foram propostas, sendo consideradas viáveis para guiar a estratégia na prática (Genero e Zoutd, 2007).

5.1 Validação Experimental das métricas de estimativa de esforço e fatores de comunicação utilizando ferramentas síncronas e assíncronas de comunicação

Braind,(1995), aponta 2 abordagens para validação das métricas: validação teórica e validação experimental. O tipo mais comumente adotado em estudos na área de Engenharia de Software é a validação experimental (Briand et al., 1995), embora as duas validações sirvam para demonstrar se a medida realmente serve para medir o atributo para a qual foi definida. Decidiu-se utilizar a validação experimental, para guiar a condução da investigação nesta dissertação de mestrado. Este capítulo esta estruturado da seguinte forma: na Seção 5.1.1 descreve-se o estudo; a Seção 5.1.2 descreve o planejamento do

estudo adotado na investigação; a Seção 5.2 descreve a execução do estudo experimental; na Seção 5.3 a análise e interpretação dos resultados; na Seção 5.4 a avaliação da validação do estudo experimental; a Seção 5.5 descreve apresentação e empacotamento; e por fim a Seção 5.6 as considerações finais.

5.1.1 Definição do Estudo Experimental

Com base na metodologia de pesquisa apresentada no capítulo 3, um conjunto de procedimentos para gerar, elaborar e validar o estudo experimental é apresentado a seguir:

- **Analisar** métricas para avaliar a distribuição da etapa de EReq em DDS
- **Com o propósito** validação
- **Referente** à capacidade de ser usado como indicadores para distribuição da etapa de EReq em DDS
- **Do ponto de vista** de gerentes de projeto
- **No contexto de** alunos de graduação e mestrado da Ciência da Computação da Universidade Estadual de Maringá (DIN-UEM-Brasil), Departamento de Matemática e Informática da Universidade Eduardo Mondlane (DMI-UEM-Moçambique), Banco Internacional de Moçambique *Millenniumbim* (DFD-Departamento Funcional de Desenvolvimento) e Portugal, este último atua como gerente global responsável pelos artefatos a serem distribuídos no estudo experimental.

5.1.2 Planejamento do Estudo Experimental

Contexto Global: para avaliar a distribuição de processos no ambiente de DDS é necessário um conjunto de métricas (Matusse et al., 2012). Essas métricas devem evidenciar a estimativa de esforço despendido para as equipes realizarem as regras de negócio (Karner, 1993) como também os fatores de comunicação para enviar mensagens usando ferramentas síncronas e assíncronas de comunicação (Gotel et al., 2010) para facilitar o gerente de projeto tomar decisões com base em indicadores. Regras de negócio são as condições que devem ser cumpridas pelo sistema a fim de atender a um objetivo do negócio, envolvendo os RF - requisitos funcionais e RNF - requisitos não funcionais do sistema.

A avaliação da distribuição inclui o artefato de caso de uso e os elementos que a compõem. Um dos elementos principais para medir a estimativa de esforço envolvido

no RF e RNF de caso de uso da etapa de EReq é a estimativa de tamanho do RF e RNF de caso de uso utilizando a técnica de análise de pontos por caso de uso técnico (TUCP) (Karner, 1993). Analisando a métrica, temos a estimativa de esforço para realizar o RF e RNF de caso de uso que é decorrente da estimativa de tamanho da etapa de EReq. As métricas para distribuição aplicam-se no cálculo da complexidade de casos de uso, estimativa de esforço, e fatores de comunicação utilizando ferramentas síncronas e assíncronas de comunicação para realizar regras de negócio de caso de uso da EReq.

Contexto Local: este estudo tem como objetivo validar as métricas para distribuição da etapa de EReq em DDS. Tais métricas levam em consideração a estimativa de esforço (complexidade) de realizar o caso de uso como tarefa, relacionando-o com fatores de comunicação para realizar RF e RNF de caso de uso.

Os participantes deverão entender o diagrama UML de caso de uso, entender a descrição de caso de uso identificado, e gerar os pesos para cada regra de negócio que corresponde o conjunto dos casos de uso. Deverão preencher o item para a estimativa de esforço para realizar RF e RNF de caso de uso e os fatores relacionados com os fatores de comunicação para realizar as tarefas do ciclo de vida da EReq, cabendo ao gerente local de cada equipe preencher a informação referente à distância geográfica e temporal da equipe em relação à matriz (onde foram identificados os casos de uso).

Treinamento: nenhum treinamento será realizado para este estudo.

Projeto Piloto: será realizado um estudo piloto com os gerentes locais antes da execução do estudo, com vista à instrumentação que será utilizada no estudo experimental. O gerente local utilizará os mesmos instrumentos do estudo experimental para posteriormente aplicar às equipes correspondentes, por tratar-se de equipes dispersas em nível global a realizar o estudo. Nesse caso, nenhum dado coletado pelo estudo piloto será utilizado para complementar o estudo experimental, evitando assim um viés do experimento.

Participantes: os participantes dos estudos, além de estarem pelo menos no último ano do curso de informática (computação), deverão possuir conhecimentos mínimos de:

- **Desenvolvimento Distribuído de Software**, princípios de desenvolvimento distribuído de software por ser a abordagem em análise;
- **Notação UML**, mais especificamente o modelo de caso de uso e, a partir destes gerar os dados que possam ser coletados para análise das métricas; e
- **Processo de Software**, elementos fundamentais das etapas de um processo de software.

O estudo leva em consideração o ambiente ao qual a equipe está associada, pois mede a diferença geográfica e temporal em relação à matriz. Como o estudo tem participação de equipes mistas, ela não faz distinção se a equipe é oriunda da indústria ou da academia.

Instrumentação: todos os participantes receberão um conjunto de documentos recomendados, sendo eles:

- Uma cópia de adesão ao estudo experimental;
- Uma cópia de questionário, no qual o participante indicará a sua formação acadêmica, o seu nível de experiência com abordagem de DDS, processo de software e com a notação UML;
- Uma cópia com modelos de diagramas de caso de uso apresentando os principais estereótipos e respectivas descrições;
- Uma cópia com o guia para classificação e pesos; e
- Duas cópias do modelo de configuração do estudo experimental por participante.

Formulação de Hipóteses: abaixo são descritas as hipóteses que são propostas para o estudo experimental:

Hipótese para 1º caso do Estudo Validação da Métrica de estimativa de Esforço

- **Hipótese Nula (H_0)** não existe correlação significativa entre a métrica $Esforço_{(etapa)}$ e a estimativa de esforço para realizar RF e RNF de caso de uso associado ao participante, segundo;

$$(H_0) = \mu Esforço_{(etapa)} \not\leftrightarrow \mu Esforço_{(participante)}$$

- **Hipótese Alternativa (H_1)** existe correlação significativa entre a métrica $Esforço_{(etapa)}$ e a estimativa de esforço para realizar RF e RNF de caso de uso associado ao participante, segundo;

$$(H_1) = \mu Esforço_{(etapa)} \leftrightarrow \mu Esforço_{(participante)}$$

Hipótese para 2º caso do Estudo Validação da Métrica Fatores de comunicação utilizado para enviar mensagens (Comunicação)

- **Hipótese Nula (H_0)** não existe correlação significativa entre a métrica $Fatcom_{(m)}$ e o Fator de comunicação utilizado para enviar mensagens para realizar tarefa de caso de uso associado ao participante, segundo;

$$(H_0) = \mu Fatcom_{(m)} \not\leftrightarrow \mu Fator_{(participante)}$$

- **Hipótese Alternativa (H_1)** existe correlação significativa entre a métrica $Fatcom_{(m)}$ e o Fator de comunicação utilizado para enviar mensagens para realizar tarefa de caso de uso associado ao participante, segundo;

$$(H_1) = \mu Fatcom_{(m)} \leftrightarrow \mu Fator_{(participante)}$$

Hipótese para 3º caso do Estudo Métricas de Esforço e Fatores de comunicação utilizado para enviar mensagens (Comunicação)

- **Hipótese Nula (H_0)** não existe correlação significativa entre a métrica $Esforco_{(etapa)}$ e a métrica $Fatcom_{(m)}$ enviada entre as equipes para realizar tarefa de caso de uso, segundo;

$$(H_0) = \mu Esforco_{(etapa)} \not\leftrightarrow \mu Fatcom_{(m)}$$

- **Hipótese Alternativa (H_1)** existe correlação significativa entre a métrica $Esforco_{(etapa)}$ e a métrica $Fatcom_{(m)}$ enviada entre as equipes para realizar tarefa de caso de uso, segundo;

$$(H_1) = \mu Esforco_{(etapa)} \leftrightarrow \mu Fatcom_{(m)}$$

Variáveis Dependentes: configuração gerada a partir da estimativa de esforço para realizar RF e RNF de caso de uso e fatores de comunicação utilizado para enviar mensagens (participante atribui valor de acordo com a Figura 5.1).

Variáveis Independentes: métricas $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$ para realizar os casos de uso.

Seleção dos Participantes: a seleção dos participantes não será de forma aleatória, ela será feita pelo critério da equipe dentro do universo dos candidatos.

Classificação em grupo: não existiu a necessidade de dividir os participantes por equipes na coleta de dados para interpretação, pois o estudo avaliou se existe a correlação das métricas.

Balanceamento: são distribuídas tarefas iguais para um número similar de participantes, somente os gerentes locais das equipes é que terão uma tarefa, a mais, referente à caracterização da localização geográfica e temporal da equipe em relação à matriz.

Mecanismo de Análise: com a finalidade de analisar e verificar a existência de uma correlação significativa entre as métricas $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$ e os valores da estimativa de esforço e fatores de meios de comunicação utilizados para enviar mensagens (Comunicação) para realizar os casos de uso, respectivamente associado aos participantes, acredita-se que os possíveis mecanismos de análise sejam:

- os testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (Corder e Foreman, 2009) e Shapiro e Wilk, (1956), que serão aplicados aos valores observados em cada métrica;
- caso as distribuições das frequências dos valores observados sejam normais, será aplicada a Correlação de *Pearson*. Caso contrário será aplicada a Correlação do *Spearman* (Spearman, 1904). Tais métodos estatísticos fornecerão indícios para aceitar ou refutar a Hipótese Nula (H_0) do estudo; e
- caso a Hipótese Nula (H_0) seja rejeitada, a técnica de regressão linear será usada para obter a equação da correlação entre as métricas.

Validade Interna: o termo de adesão do estudo experimental com o total sigilo das informações dos estudos e a troca de ideias sobre os participantes foi incluído na cópia de documentos recomendados. É prevista a utilização de equipes distribuídas em nível global, todos realizando o estudo de forma isolada.

Validade de Construção: acredita-se que a validade de construção esteja garantida para distribuição da etapa de especificação de requisitos às equipes distribuídas em DDS, uma vez que os participantes utilizarão conceitos de caso de uso como direcionador de tarefas para resolução e atribuição da classificação e pesos. A partir destes, analisar os dados coletados para gerar indicadores. O modelo de caso de uso é amplamente conhecido dos participantes, o que assegura a validade de construção do estudo.

Validade de Conclusão: acredita-se que o meio para conclusão do estudo esteja garantida, uma vez que as métricas são medidas objetivas e de fácil coleta. Além disso, aos dados coletados para análise poderá ser aplicado o método da correlação entre os dois conjuntos de dados.

Análise Qualitativa: tem o objetivo de avaliar a distribuição da etapa de EReq em DDS, através da coleta dos valores atribuídos pelos participantes para analisar a correlação das métricas a serem usadas como indicadores na distribuição da etapa de EReq em DDS.

5.2 Execução do Estudo Experimental

A seleção dos participantes constituiu-se de alunos de graduação e mestrado da Ciência em Computação da Universidade Estadual de Maringá (DIN-UEM-Brasil), Departamento de Matemática e Informática da Universidade Eduardo Mondlane (DMI-UEM-Moçambique), Banco Internacional de Moçambique-*Millenniumbim*, (DFD-Departamento Funcional de Desenvolvimento) e Portugal. Os participantes selecionados estão de acordo com o modelo de negócio (*Offshore Outsourcing*) adotado pela estratégia que envolve equipes distribuídas em nível global apresentadas no planejamento do estudo (Secção 5.1.2).

O principal instrumento é o artefato de caso de uso e os elementos que a compõem para medir a estimativa de esforço. A tarefa principal de cada participante foi entender o modelo de casos de uso *AirTaxi* o qual será configurado com as iterações das regras de negócio, assim como a guia de classificação de pesos.

Em seguida, o modelo de caso de uso foi resolvido para cada configuração por meio de fatores de complexidade técnica, fatores ambientais e fatores de comunicação, relacionados a respostas na seleção de influências marcadas com (x) na descrição dos fatores, as descrições de tal modelo (Apêndice B).

Para cada configuração o participante associou estimativa de esforço de realizar RF e RNF de caso de uso e os fatores de comunicação usando ferramentas síncronas e assíncronas de acordo a sua experiência com diagramas de caso de uso e documentos da etapa de EReq atribuído ao nível de influência tendo em consideração a relevância do negócio e risco de desenvolvimento.

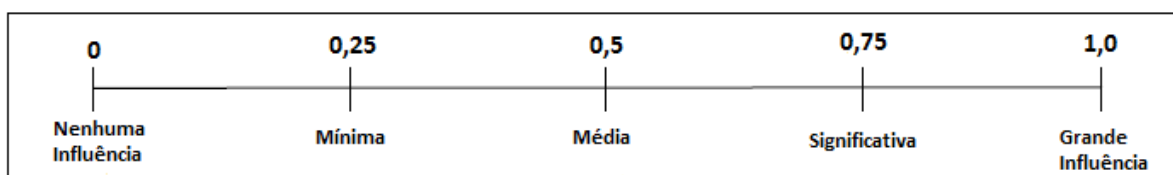


Figura 5.1: Valores da estimativa de esforço e Fatores de comunicação Associado aos Participantes.

Procedimento do participante: os itens a seguir apresentam, em ordem cronológica cada procedimento. Um único procedimento de participação foi adotado para cada participante do estudo.

1. o participante comparece ao local em que o estudo foi realizado;
2. o gerente local entrega ao participante o Termo de adesão ao estudo experimental;
3. o participante lê, esclarece as possíveis dúvidas e assina o Termo de adesão ao estudo experimental;

4. um identificador único é associado ao participante;
5. o gerente local entrega ao participante o Questionário de Caracterização do participante e o mesmo associa o id ao Questionário;
6. o participante lê, esclarece as possíveis dúvidas e assina o Questionário de Caracterização do Participante;
7. o gerente local entrega o documento com a descrição geral do diagrama de caso de uso;
8. o gerente local entrega o documento da descrição do guia de classificação e pesos;
9. o gerente local explica o procedimento de preenchimento do experimento aos participantes;
10. o participante lê, e esclarece as possíveis dúvidas com relação à descrição de casos de uso e guia de classificação de pesos;
11. o gerente local entrega o documento de configuração do experimento (Idparticipante00) contendo a configuração de casos de uso;
12. o participante lê, e esclarece as possíveis dúvidas em relação ao modelo de configuração;
13. o participante resolve as configurações distintas para realizar os casos de uso de cada iteração da regra de negócio;
14. o gerente local verifica se a configuração gerada está consistente com relação a alocação de cada caso de uso, as iterações das regras de negócio preenchidas;
15. para cada configuração gerada, o participante associa um valor da estimativa de esforço para realizar RF e RNF de caso de uso, segundo a Figura 5.1;
16. o participante entrega o modelo de cada configuração gerada no experimento;
18. o gerente local entrega o documento de configuração do experimento (Idparticipante01) contendo a configuração de fatores relacionados com a comunicação para realizar os casos de uso;
19. o participante lê, e esclarece as possíveis dúvidas em relação ao modelo de configuração;
20. o participante resolve a configuração para os fatores de comunicação para enviar mensagens entre às equipes para realizar o caso de uso;
21. o gerente local verifica se a configuração gerada esta devidamente preenchida;
22. para cada configuração gerada, o participante associa um valor de fatores de comunicação (influência) de realizar o caso de uso, segundo a Figura 5.1;
23. o participante entrega o modelo de cada configuração gerada no experimento; e
24. o gerente local confere os modelos de configuração entregue pelo participante e os armazena.

Execução a Tabela 5.1 apresenta informações em relação à caracterização dos participantes do estudo experimental.

Para cada critério foram utilizados os seguintes fatores de classificação:

Tabela 5.1: Relação da caracterização dos participantes do estudo experimental.

Formação acadêmica	Graduando (Gn)	Graduado (Gr)	Mestrando (Mn)	Mestre (Ms)
Processo de Software	Neutra (N)	Básica (B)	Moderada (M)	Avançada (A)
Experiência com DDS	Neutra (N)	Básica (B)	Moderada (M)	Avançada (A)
Experiência com UML	Básica (B)	Moderada (M)	Avançada (A)	não tem

Dezoito participantes foram selecionados para o estudo experimental, sendo cinco graduandos, quatro graduados, oito mestrandos e um mestre. Ao final, dezoito valores de configurações foram coletados (Tabela 5.2) para alimentar as métricas, as quais foram analisadas com métodos estatísticos, como mostra a Seção 5.2.1.

Tabela 5.2: Métricas Coletadas

config	Esforco	Esforco.part	Fatcom(m)	Fator.part
1	0,77	0,75	0,78	0,75
2	0,63	0,5	0,53	0,5
3	0,75	0,75	0,66	0,5
4	0,77	0,75	0,62	0,5
5	0,65	0,5	0,52	0,5
6	0,77	0,75	0,76	0,75
7	0,64	0,5	0,53	0,5
8	0,76	0,75	0,54	0,75
9	0,68	0,5	0,55	0,75
10	0,75	0,75	0,76	0,75
11	0,61	0,5	0,53	0,5
12	0,82	0,75	0,74	0,75
31	0,64	0,5	0,56	0,75
14	0,76	0,75	0,74	0,75
15	0,77	0,75	0,73	0,75
16	0,73	0,75	0,53	0,5
17	0,82	0,75	0,55	0,5
18	0,61	0,5	0,53	0,5

5.2.1 Validação Experimental das Métricas

Para aplicar e coletar as métricas a partir da configuração realizada pelos participantes, o cálculo dos atributos das métricas, a medida aplicada a cada configuração e apresentada na (Tabela 5.2). Esta atividade pode ser realizada manual ou automaticamente. Além disso, para cada configuração, o participante associou um valor da estimativa de esforço, e fatores de comunicação utilizando a ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação, segundo o seu julgamento e de acordo com a Figura 5.1. Para a representação dos dados coletados usamos diferentes tipos tais como: estatística descritiva, gráficos, pois fornecem informações com valores observados sobre valores totais de uma medida, Média Aritmética, Desvio padrão, Mediana e Amostra (N).

Os dados coletados foram plotados em gráficos de distribuição e estatística descritiva, Figuras 5.2 e 5.3.

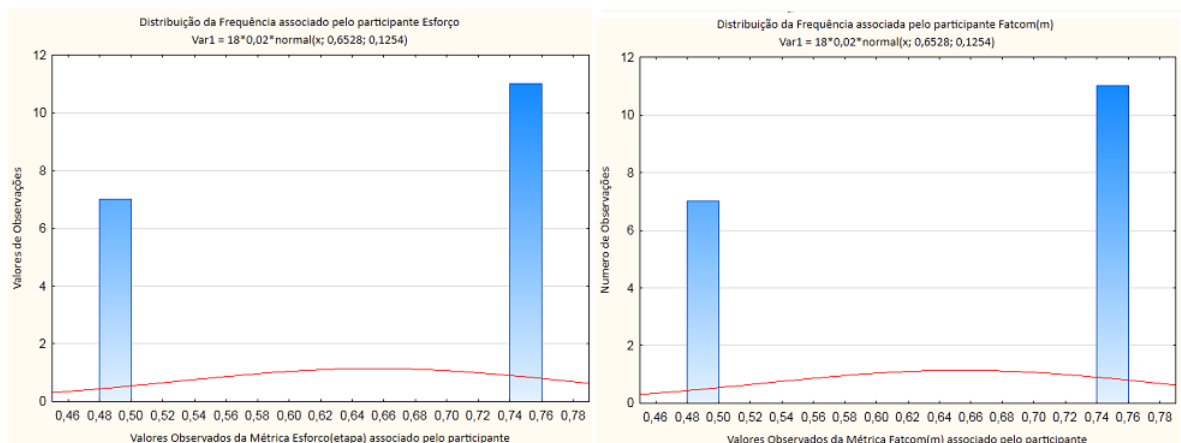


Figura 5.2: Estatística Descritiva e Distribuição dos Valores Observados Métricas de $Esforço_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$ associado ao participante.

A estatística descritiva dos dados coletados deve ser feito com base em algumas informações estatísticas importantes com relação aos dados coletados tais como:

- **número de elementos observados (N);**
- **média aritmética (μ),** que é a soma de todos os valores observados, dividido pelo numero de valores observados (N);
- **desvio padrão (σ),** que mostra a quantidade de variações que existe com relação a média aritmética; e

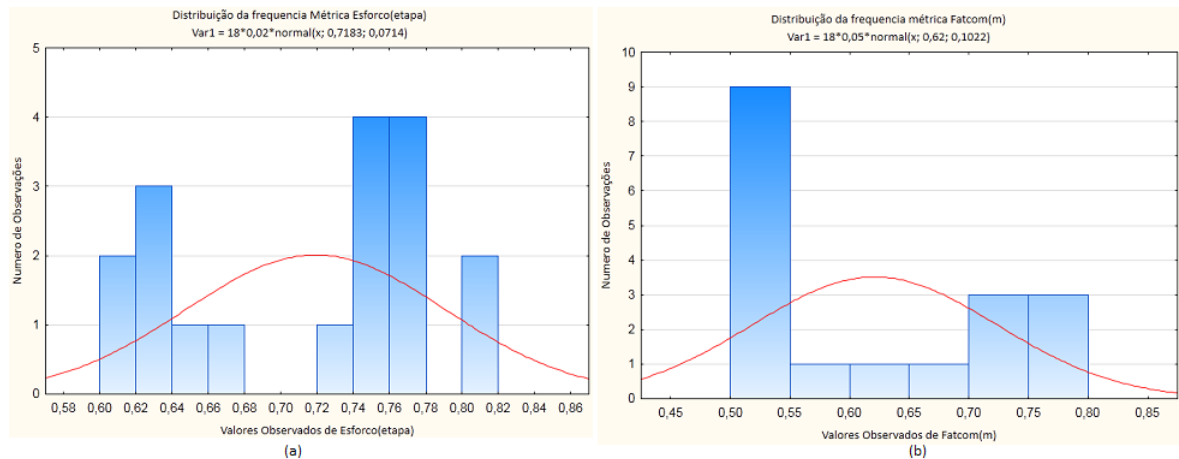


Figura 5.3: Estatística Descritiva e Distribuição dos Valores Observados Métricas de (a) $Esforço_{(etapa)}$ e (b) $Fatcom_{(m)}$.

- **mediana (μd)**, que é um valor numérico central, separando a metade de maiores valores, da metade de menores valores.

Com base na estatística descritiva dos valores observados para a métrica $Esforço_{(etapa)}$ o valor da média aritmética (μ) 0,718, desvio padrão (σ) 0,071 e mediana (μd) 0,75, a métrica de $Fatcom_{(m)}$, o valor da média aritmética (μ) 0,62, desvio padrão (σ) 0,102, e mediana (μd) 0,555, para, $Esforço_{(etapa).part}$ o valor da média aritmética (μ) 0,652, desvio padrão (σ) 0,125 e mediana (μd) 0,75 e $Fatcom_{(m).part}$, o valor da média aritmética (μ) 0,625, desvio padrão (σ) 0,128, e mediana (μd) 0,625.

As figuras 5.4 e 5.5 a seguir apresentam informações em relação à caracterização dos participantes do estudo experimental.

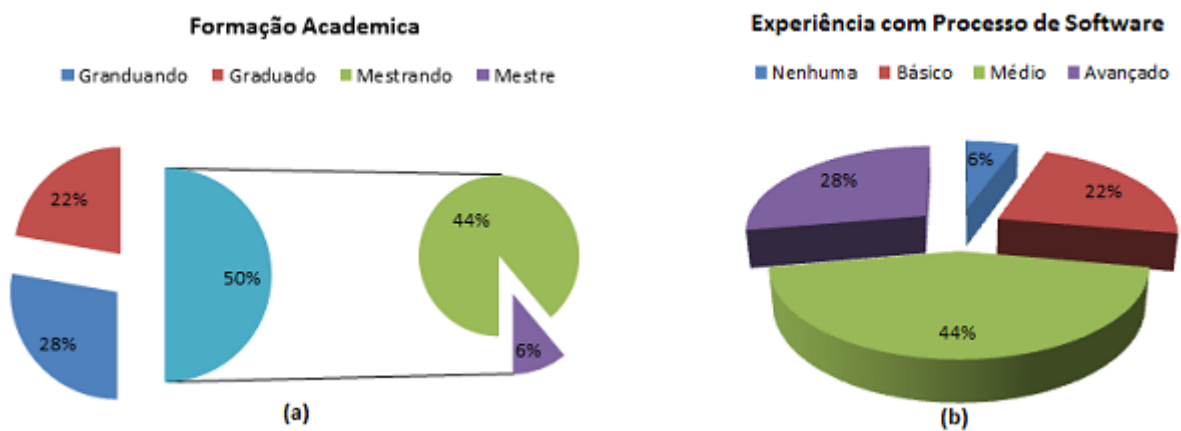


Figura 5.4: (a) Formação acadêmica e (b) Experiência com processo de software dos Participantes.

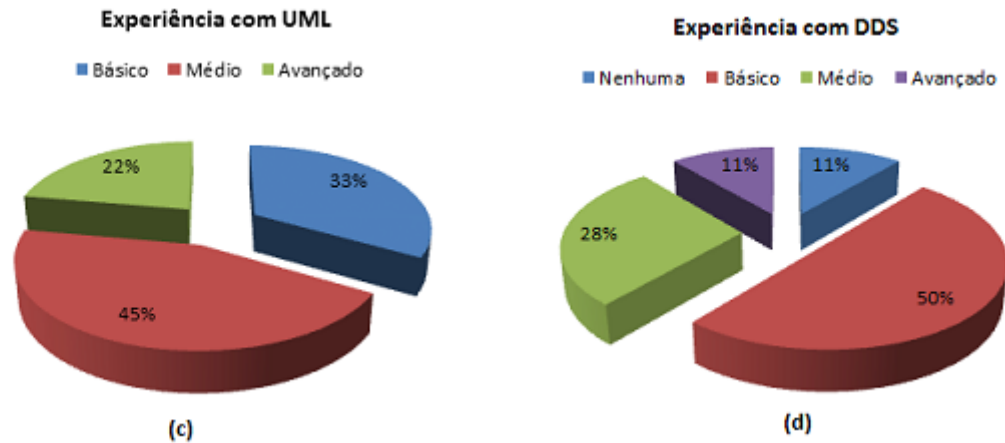


Figura 5.5: (c) Experiência com UML e (d) Experiência com DDS dos Participantes.

Os resultados da aplicação de tais testes, em cada uma das métricas são descritas abaixo:

- **Hipótese Nula (H_0)** a distribuição dos valores observados para métrica em questão é normal; e quando o coeficiente (ρ) do cálculo da equação 5.1 e 5.2, forem valores menores que 0 (zero) e igual -1,0 a hipótese nula é rejeitada; e
- **Hipótese Alternativa (H_1)** a distribuição dos valores observados para métrica em questão é não normal; o coeficiente (ρ) do cálculo da equação 5.1 e 5.2, e quando os valores forem maiores que 0 (zero) e igual 1,0 a hipótese alternativa será aceita.

Estatística Descritiva: A Figura 5.6 apresentam os valores observados representados no boxplot. Para $Esforco_{(etapa)}$ temos o valor médio = 0,75, parametros aceitaveis 25%-75% (0,64-0,77), Non-Outlier Range = 0,61-0,82, e para $Fatcom_{(m)}$ e valor médio = 0,555, parametros aceitaveis 25%-75% (0,53-0,74), Non-Outlier Range = 0,52-0,78.

A região dos parâmetros aceitáveis apresentados durante box plot na Figura 5.6 (a) por $Esforco_{(etapa)}$ e Figura 5.6 (b) para $Fatcom_{(m)}$ contém definições que demonstram-se importantes para a análise.

Para validar as métricas $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$, foram realizadas duas correlações (Corr.):

Corr.1 $Esforco_{(etapa)}$ é a estimativa de esforço associado ao participante, mostrando que o entendimento da estimativa de esforço associado pelo participante corrobora com a métrica, e

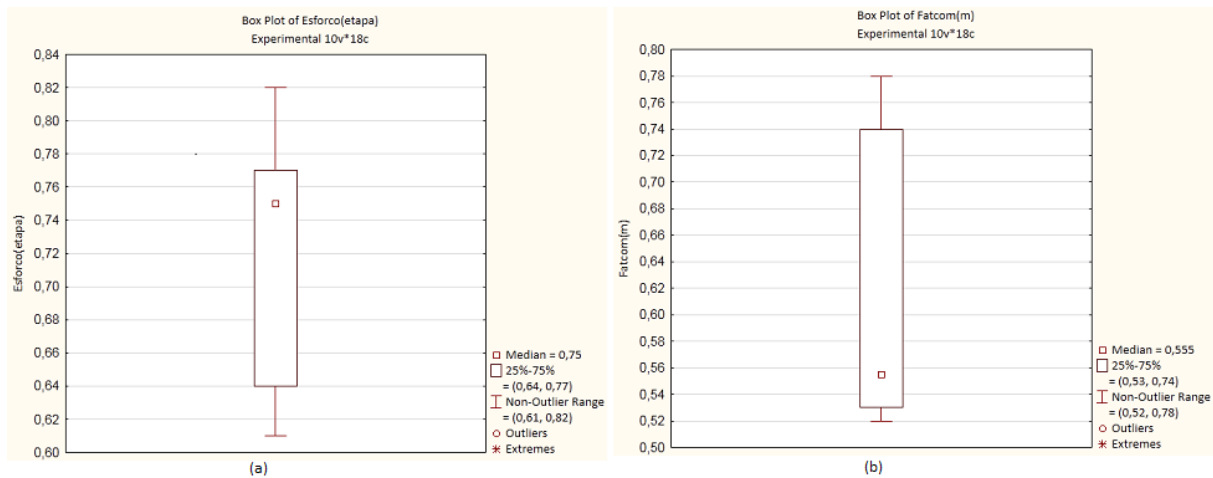


Figura 5.6: Boxplot para valores observados das métricas (a) $Esforço_{(etapa)}$ e (b) $Fatcom_{(m)}$.

Corr.2 $Fatcom_{(m)}$ é o valor associado ao participante, mostrando que o entendimento dos fatores relacionados com os meios de comunicação associado pelo participante corrobora com a métrica $Fatcom_{(m)}$.

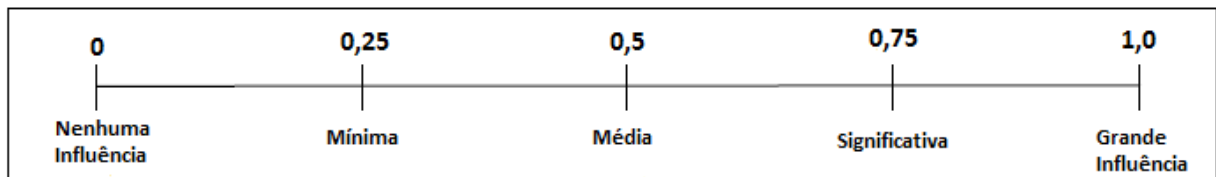


Figura 5.7: Escalas da Correlação das Métricas e valor associado aos Participantes.

O coeficiente da Correlação de Spearman é calculado executando os seguintes passos:

1. criar uma tabela a partir dos dois conjuntos de dados a serem correlacionados;
2. classificar cada um dos conjuntos. A classificação é realizada associando o valor "1" ao maior valor do conjunto (coluna), "2" para o segundo maior valor e, assim por diante. O menor valor do conjunto recebe o mais alto valor de classificação. Isto deve ser feito para ambos os conjuntos de dados. Valores iguais de um conjunto recebem a média do valor da classificação;
3. encontrar a diferença (d) entre a classificação dos valores dos dois conjuntos para cada linha da tabela;
4. elevar ao quadrado o valor da diferença (d);
5. somar as diferenças elevadas ao quadrado (d^2); e

5. calcular o coeficiente (ρ) usando as Equações (5.1 e 5.2), respectivamente. A resposta sempre será um valor entre -1,0 e 1,0, como apresentado na Tabela 5.2, indicando que a correlação existe ou a sua ausência.

Correlação de Spearman: como a distribuição $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$ não é normal, aplicou-se a correlação não-paramétrica de Spearman (ρ) (Spearman, 1904) para apoiar a interpretação dos dados. Este método permite determinar se existe uma correlação entre os dois conjuntos de dados.

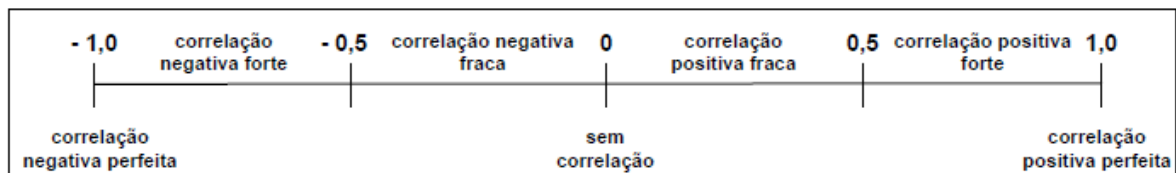


Figura 5.8: Escala de correlação de Spearman. (Spearman, 1904)

A Tabela 5.3 mostra a correlação de Spearman para Corr.1. o coeficiente (equação 5.1) para Corr.1 é calculado da seguinte forma:

Tabela 5.3: Correlação de Spearman (Corr.1): $Esforco_{(step)}$ e $Esforco.part$

config	Esforco	ra	Esforco.part	rb	d (ra-rb)	d^2
1	0,77	13	0,75	8	5	25
2	0,63	3	0,5	1	2	4
3	0,75	9	0,75	8	1	1
4	0,77	13	0,75	8	5	25
5	0,65	6	0,5	1	5	25
6	0,77	13	0,75	8	5	25
7	0,64	4	0,5	1		9
8	0,76	11	0,75	8	3	9
9	0,68	7	0,5	1	6	36
10	0,75	9	0,75	8	1	1
11	0,61	1	0,5	1	0	0
12	0,82	17	0,75	8	9	81
13	0,64	4	0,5	1	3	9
14	0,76	11	0,75	8	3	9
15	0,77	13	0,75	8	5	25
16	0,73	8	0,75	8	0	0
17	0,82	17	0,75	8	9	81
18	0,61	1	0,5	1	0	0

$$(corr.1) = 1 - \frac{6}{n(n^2 - 1)} \times \sum_{i=1}^n d_i^2 \quad (5.1)$$

Tal que n é o número de amostra (N)

$$(corr.1) = 1 - \frac{6}{18(18^2 - 1)} \times 365 = 1 - 0,3767 = 0,62$$

De acordo com a Figura 5.8, existe uma forte correlação positiva ((corr.1)= 0,62) entre a métrica $Esforco_{(etapa)}$ e o valor da estimativa de esforço associado aos participantes.

A Tabela 5.4 mostra a correlação de Spearman para Corr.2. o coeficiente (equação 5.2) para Corr.1 é calculado da seguinte forma:

Tabela 5.4: Correlação de Spearman (Corr.2): $Fatcom_{(m)}$ e $Fator.part$

config	$Fatcom_{(m)}$	ra	Fator.part	rb	d (ra-rb)	d^2
1	0,78	18	0,75	10	8	64
2	0,53	2	0,5	1	1	1
3	0,66	12	0,5	1	11	121
4	0,62	11	0,5	1	10	100
5	0,52	1	0,5	1	0	0
6	0,76	16	0,75	10	6	36
7	0,53	2	0,5	1	1	1
8	0,54	7	0,75	10	-3	9
9	0,55	8	0,75	10	-2	4
10	0,76	16	0,75	10	6	36
11	0,53	2	0,5	1	1	1
12	0,74	14	0,75	10	4	16
13	0,56	10	0,75	10	0	0
14	0,74	14	0,75	10	4	16
15	0,73	13	0,75	10	3	9
16	0,53	2	0,5	1	1	1
17	0,55	8	0,5	1	7	49
18	0,53	2	0,5	1	1	1

$$(corr.2) = 1 - \frac{6}{n(n^2 - 1)} \times \sum_{i=1}^n d_i^2 \quad (5.2)$$

Tal que n é o número de amostra (N)

$$(corr.2) = 1 - \frac{6}{18(18^2 - 1)} \times 465 = 1 - 0,4799 = 0,52$$

Assim, de acordo com a Figura 5.8, existe uma forte correlação positiva ((corr.2)= 0,55) entre a métrica $Fatcom_{(m)}$ e o valor de fatores de comunicação utilizando ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação associada aos participantes.

5.2.2 Estatística Descritiva para Correlação do Conjunto de Métricas

Dezoito pessoas participaram do estudo experimental, sendo cinco graduandos, quatro graduados, oito mestrados e um mestre. Para cada configuração foram aplicadas e coletadas as métricas de $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$ para realizar os casos de uso. Além disso, os participantes avaliaram a complexidade de configurar os níveis de influência associada a cada configuração.

5.3 Análise e Interpretação dos Resultados do Estudo Experimental

Com base nas configurações geradas e nas métricas $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$, coletadas para cada configuração, respectivamente, a seguir são apresentadas as etapas realizadas:

- Com o objetivo de verificar se o conjunto de valores observados para cada métrica (Tabela 5.2) possui comportamento normal, são aplicados os testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (Corder e Foreman, 2009) e Shapiro e Wilk,(1956), dos valores observados por cada métrica;
- aplicação da Correlação de Pearson caso as distribuições das frequências dos valores observados sejam normais. Caso contrário seja aplicado a Correlação do Spearman. Tais métodos estatísticos fornecerão indícios para aceitar ou refutar a Hipótese Nula (H_0) do estudo; e
- aplicação da técnica de regressão linear, caso a Hipótese Nula seja rejeitada, para obter a equação da correlação entre as métricas.

5.3.1 Testes de Normalidade para as Métricas

Testes de normalidade são aplicados para saber se a amostra dos valores observados para cada métrica, possui valor semelhante ao de uma distribuição normal. Desta forma, testes de normalidade baseado em hipóteses de Shapiro e Wilk,(1956) (Shapiro e Wilk, 1965) e Kolmogorov-Smirnov (Corder e Foreman, 2009) foram aplicados. Os resultados

da aplicação de tais testes, em cada uma das métricas da Tabela 5.2 são descritas nas subseções a seguir:

- **Hipótese Nula (H_0)** a distribuição dos valores observados para a métrica em questão é normal;
- **Hipótese Alternativa (H_1)** a distribuição dos valores observados para a métrica em questão é não normal;

Testes de Normalidade para Métrica $Esforco_{(etapa)}$: como pode ser observada na Tabela 5.2, para uma amostra de tamanho N (18), com média aritmética (μ) 0,718, desvio padrão (σ) 0,071 e mediana (μd) 0,75.

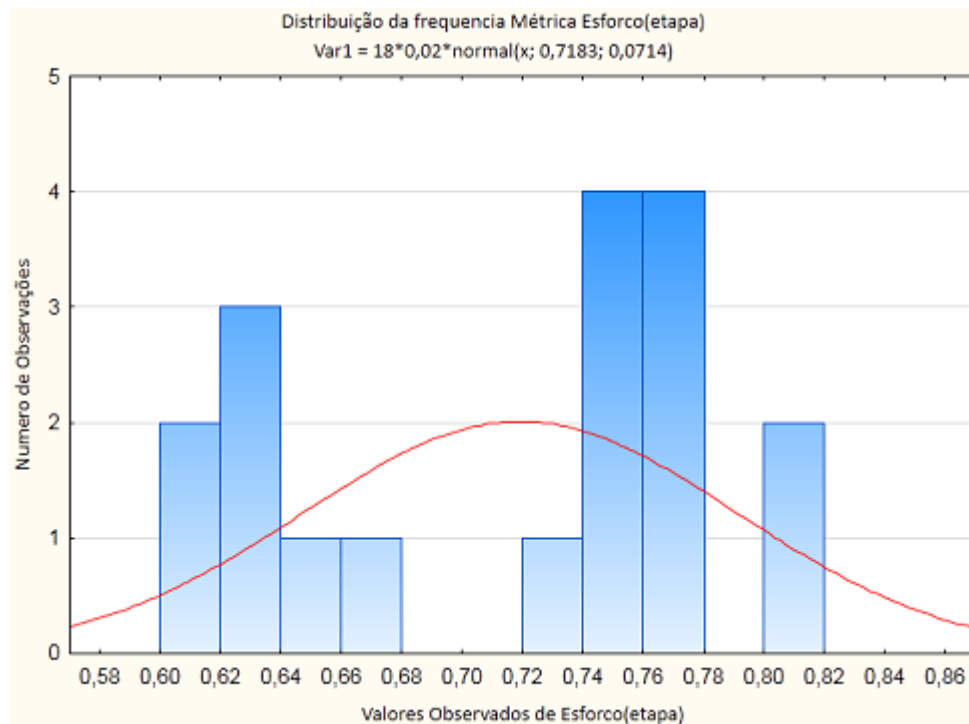


Figura 5.9: Métrica $Esforco_{(etapa)}$ testes de Normalidade: Estatística Descritiva.

Com base nos testes de Shapiro e Wilk,(1956), para uma amostra de tamanho 18 com 95% de segurança ($\alpha = 0,05$), o valor de significância (p) é menor que 0,05 ($p < 0,05$) é o valor calculado $W = 0,897$ menor que $W = 0,921$ (esperado), portanto a hipótese nula (H_0) deve ser rejeitada.

Segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov (Corder e Foreman, 2009), para uma amostra de tamanho 18 com 95% de segurança ($\alpha = 0,05$), valor de significancia (p) é menor que 0,05 ($p < 0,05$), a hipótese nula (H_0) deve ser rejeitada.

Dessa forma, para ambos os testes, há indícios para rejeitar a hipótese nula (H_0), não considerando os valores para métrica normal. Um método estatístico não paramétrico deve ser utilizado para análise de tal métrica.

Testes de Normalidade para Métrica $Fatcom_{(m)}$: como pode ser observada na Tabela 5.2, para uma amostra de tamanho N (18), com média aritmética (μ) 0,62, desvio padrão (σ) 0,102 e mediana (μd) 0,555.

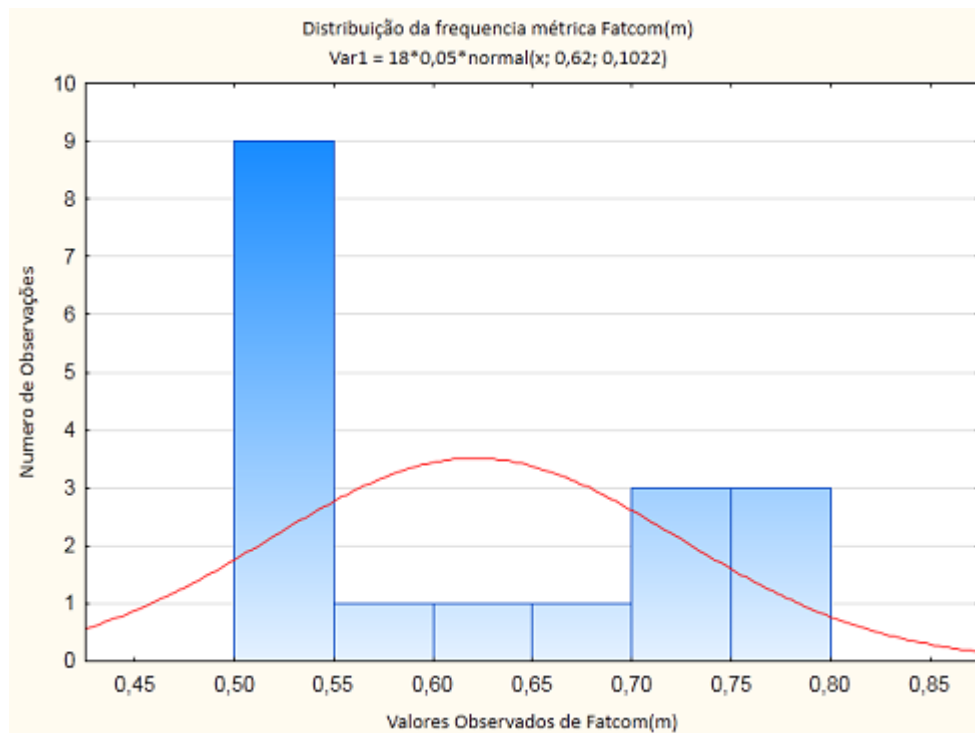


Figura 5.10: Métrica $Fatcom_{(m)}$ testes de Normalidade: Estatística Descritiva.

Com base nos testes de Shapiro e Wilk,(1956), para uma amostra de tamanho (N) com 95% de segurança ($\alpha = 0,05$), o valor de significância (p) é maior que 0,05 ($p > 0,05$) e o valor calculado $W = 0,897$ maior que $W = 0,889$ (esperado), a hipótese nula(H_0) deve ser rejeitada.

Segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov (Corder e Foreman, 2009), para uma amostra de tamanho (N) com 95% de segurança ($\alpha = 0,05$), o valor de significancia (p) é menor que 0,05 ($p < 0,05$), a hipótese nula (H_0) deve ser rejeitada.

Dessa forma, para ambos os testes, há indícios para rejeitar a hipótese nula (H_0), não considerando os valores para métrica normal. Um método estatístico não paramétrico deve ser utilizado para análise de tal métrica.

5.3.2 Correlação de Spearman para as Métricas $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$

Como as distribuições das métricas $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$ não são normais, o método não paramétrico Correlação de Spearman foi aplicado para que fosse possível aceitar ou rejeitar a hipótese nula do estudo experimental. Este método permite estabelecer se existe correlação entre dois conjuntos de dados.

Tabela 5.5: Correlação de Spearman Corr.3: $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$

config	$Esforco_{(etapa)}$	ra	$Fatcom_{(m)}$	rb	d (ra-rb)	d^2
1	0,77	13	0,78	18	-5	25
2	0,63	3	0,53	2	1	1
3	0,75	9	0,66	12	-3	9
4	0,77	13	0,62	11	2	4
5	0,65	6	0,52	1	5	25
6	0,77	13	0,76	16	-3	9
7	0,64	4	0,53	2	2	4
8	0,76	11	0,54	7	4	16
9	0,68	7	0,55	8	-1	1
10	0,75	9	0,76	16	-7	49
11	0,61	1	0,53	2	-1	1
12	0,82	17	0,74	14	3	9
13	0,64	4	0,56	10	-6	36
14	0,76	11	0,74	14	-3	9
15	0,77	13	0,73	13	0	0
16	0,73	8	0,53	2	6	36
17	0,82	17	0,55	8	9	81
18	0,61	1	0,53	2	-1	1

1. criar uma tabela a partir dos dois conjuntos de dados a serem correlacionados;
2. classificar cada um dos conjuntos. A classificação é realizada associando o valor "1" ao maior valor do conjunto (coluna), "2" para o segundo maior valor e, assim por diante. O menor valor do conjunto recebe o mais alto valor de classificação. Isto deve ser feito para ambos os conjuntos de dados. Valores iguais de um conjunto recebem a média do valor da classificação;
3. encontrar a diferença (d) entre a classificação dos valores dos dois conjuntos para cada linha da tabela;
4. elevar ao quadrado o valor da diferença (d);
5. somar as diferenças elevadas ao quadrado (d^2); e

6. calcular o coeficiente (ρ) usando as Equações (5.3). A resposta sempre será um valor entre -1,0 e 1,0, como apresentado na Tabela 5.5, indicando que a correlação existe ou a sua ausência.

Para validar as métricas $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$, foi realizada uma correlação (Corr.3) visto que a correlação das métricas é associado aos participantes como descrita na seção 5.2.1.

Corr.3: $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$ que mostra se existe uma correlação significativa entre estimativa de esforço e os fatores de comunicação para enviar mensagens utilizando a ferramenta síncrona e assíncrona entre as equipes.

A Tabela 5.5 mostra a correlação de Spearman para Corr.3. O coeficiente (Equação 6.3) para Corr.3 é calculado como segue:

$$(corr.3) = 1 - \frac{6}{n(n^2 - 1)} \times \sum_{i=1}^n d_i^2 \quad (5.3)$$

Tal que n é o numero de amostra (N)

$$(corr.3) = 1 - \frac{6}{18(18^2 - 1)} \times 316 = 1 - 0,3261 = 0,67$$

Assim, de acordo com a Figura 5.3, existe uma forte correlação positiva ((corr.3) = 0,67) entre a métrica $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$. Com base na correlação estabelecida, tem-se evidencias para rejeitar a hipótese nula do terceiro caso e aceitar a hipótese alternativa, corroborando para que as métricas $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$ estejam significativamente correlacionadas com o estimativa de esforço e os fatores de comunicação utilizando a ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação entre às equipes para distribuição da etapa de EReq em DDS.

5.3.3 Análise de Regressão Linear

A técnica de Análise de Regressão Linear (Figueiredo et al., 2007), foi usada para mostrar a equação que representa a correlação (Corr.3).

Análise de Regressão Linear - Corr.3

As Figuras 5.11 e 5.12 mostram os gráficos de regressão linear da Corr.3.

A correlação da Figura 5.11 pode ser expressa em termos da seguinte equação:

$$Esforco_{(etapa)} = (0,4578 \times Fatcom_{(m)}) + 0,4345 \quad (5.4)$$

A correlação da Figura 5.12 pode ser expressa em termos da seguinte equação:

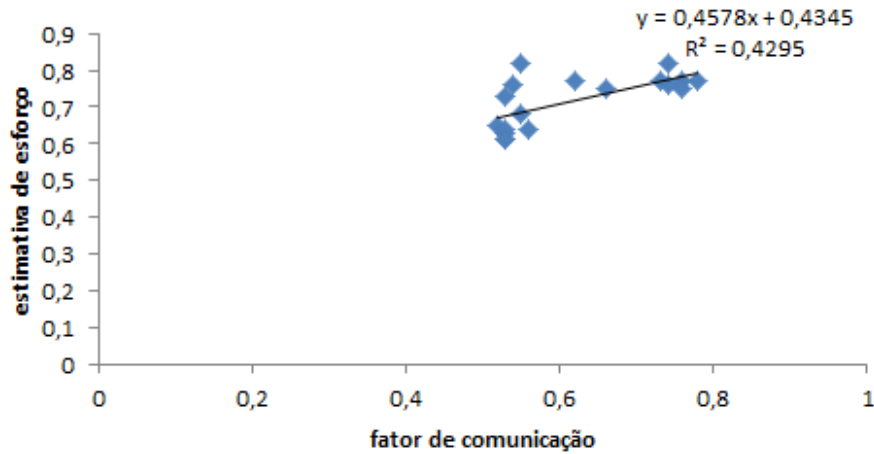


Figura 5.11: $Fatcom_{(m)}$ vs $Esforco_{(etapa)}$: Análise de regressão linear.

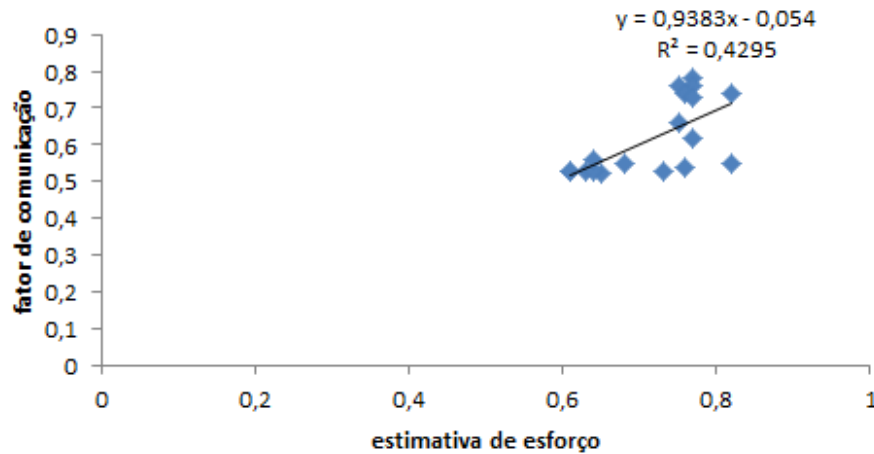


Figura 5.12: $Esforco_{(etapa)}$ vs $Fatcom_{(m)}$: Análise de regressão linear.

$$Fatcom_{(m)} = (0,9383 \times Esforco_{(etapa)}) + 0,054 \quad (5.5)$$

Dessa forma, o valor de $Esforco_{(etapa)}$ é calculado, com base no valor da métrica $Fatcom_{(m)}$ (Equação 5.4) e valor da $Fatcom_{(m)}$ é calculado com base no valor da métrica $Esforco_{(etapa)}$ (Equação 5.5), para essa amostra, respectivamente. Porém, com a replicação deste experimento e a geração de novas configurações, o cálculo dos valores das métricas $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$ torna-se mais ajustado, uma vez que o tamanho da amostra tende a crescer.

5.4 Avaliação de Validade do Estudo Experimental

Nesta seção são discutidas as ameaças à validade do estudo experimental e como tais ameaças foram minimizadas.

5.4.1 Ameaças à Validade de Conclusão

A única preocupação considerada como um risco para afetar a validade estatística deste estudo é o tamanho de amostra, a qual pode ser incrementada em replicações futuras, para que seja possível alcançar a normalidade dos valores observados.

5.4.2 Ameaças à Validade de Construção

A validade de construção é o grau para quais variáveis dependentes e independentes são medidas pelos instrumentos apropriados (Travassos et al., 2002). As variáveis dependentes deste estudo são métricas subjetivas da estimativa de esforço e fatores de comunicação utilizando a ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação. Tais métricas foram extraídas da literatura e coletadas, com base na experiência dos participantes, na forma de valores da estimativa de esforço e os fatores relacionados com os fatores de comunicação para realizar casos de uso associados aos participantes a cada configuração. O artefato utilizado para configuração por cada participante foi o diagrama de casos de uso, visto que os participantes possuem experiência suficiente com UML para modelagem de sistemas, tais valores são considerados significantes.

5.4.3 Ameaças à Validade Interna

A validade interna é o grau para o qual conclusões podem ser estabelecidas sobre causa-efeito de variáveis independentes sobre variáveis dependentes (Travassos et al., 2002). Neste estudo, as seguintes dificuldades foram encontradas.

- **Diferença entre os participantes.** Como foi considerado um nível de amostra pequena, variações com as habilidades dos participantes foram reduzidas. Neste caso, os participantes realizaram todas as tarefas definidas na mesma ordem. Assim, a experiência dos participantes teve, aproximadamente, o mesmo nível com relação à modelagem UML e processo de software (primeira etapa do processo) para configuração das iterações associadas aos casos de uso.

- **Acurácia das respostas dos participantes.** Esforço e fatores de comunicação utilizando a ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação para realizar as iterações de casos de uso foram medidas por cada participante. Como possuíam experiência média com os conceitos de modelagem de sistemas com UML e processos de software, suas respostas foram consideradas válidas.
- **Efeitos de fadiga.** Em média, o experimento durou 57 minutos para cada indivíduo. Portanto a fadiga não foi considerada relevante.
- **Outros fatores importantes.** Os participantes realizaram o experimento com a supervisão de um observador humano (gerente local de cada equipe localizada em nível global). Dessa forma, acredita-se que este problema não afetou a validade do estudo.

5.4.4 Ameaças à Validade Externa

Duas ameaças externas foram identificadas e podem ser generalizadas para prática de Engenharia de Software

- **Participantes.** Obter participantes qualificados foi uma das grandes dificuldades do estudo, uma vez que trata-se de equipes distribuídas em nível global. Assim, foi realizado um estudo misto, estudantes em nível de academia em Engenharia de Software e profissionais da área de TI foram utilizados, permitindo generalizar os resultados do estudo; e
- **Instrumentação.** O instrumento utilizado foi o diagrama de casos de uso, fatores de complexidade técnica e ambientais. Embora, os casos de usos utilizados no experimento não são representativos de casos reais, algumas suposições podem ser feitas sobre esta ameaça. Assim, mais estudos experimentais devem ser feitos utilizando casos reais desenvolvidos por organizações de software.

5.5 Apresentação e Empacotamento do Estudo Experimental

Todos documentos relacionados com estudo estão disponíveis no endereço eletrônico <http://www.mozucas.com/metrics.exp> , uma vez que é importante a difusão dos dados experimentais para replicações externas do estudo atual (Books et al., 1996).

5.6 Considerações Finais

A realização da validação experimental das métricas é importante porque permite demonstrar a real evidência de que as medidas servem para o propósito para qual foram propostas. As métricas propostas para auxiliar a distribuição da etapa de especificação de requisitos são estimativa de esforço $Esforco_{(etapa)}$ e fatores de comunicação utilizando ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação $Fatcom_{(m)}$ para realizar os casos de uso. Para validação das métricas foram aplicadas a um conjunto de dezoito configurações distintas geradas por participantes do estudo. Os valores observados foram aplicados aos testes de normalidade de Shapiro e Wilk,(1956) e Kolmogorov-Smirnov (Corder e Foreman, 2009).

A técnica não paramétrica de Correlação de Spearman foi usada para demonstrar a correlação das métricas sendo elas:

- $Esforco_{(etapa)}$ possui uma correlação forte e positiva com o valor da estimativa de esforço associado ao participante;
- $Fatcom_{(m)}$: possui uma correlação forte e positiva com o valor dos fatores de comunicação utilizando ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação associada ao participante; e
- $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$ possuem uma correlação forte e positiva entre si.

Os resultados obtidos com este estudo experimental fornecem evidências de que as métricas $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$ podem ser utilizados como indicadores relevantes da estimativa de esforço e os fatores de comunicação utilizando a ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação para distribuição da etapa de EReq em DDS, respectivamente. A correlação de $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$ possui um valor limite de (0,67). Assim, pode-se concluir que tais métricas são fortemente correlacionadas como mostrado na Equação 5.3.

Logo, torna-se necessário aplicar métricas propostas em ambientes organizacionais de software para que seja possível reduzir as ameaças externas e obter evidências reais de que elas podem ser utilizadas como indicadores de distribuição da etapa de EReq em DDS.

EDEEReq-DDS. UMA ESTRATÉGIA PARA AUXILIAR NA DISTRIBUIÇÃO DA ETAPA DE ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS EM DDS

Este capítulo descreve a estratégia da dissertação e os resultados obtidos na segunda fase da investigação sobre conjunto de métricas para auxiliar na distribuição da etapa de EReq de DDS como iniciativa de melhoria do processo de desenvolvimento de software.

6.1 Estratégia para Auxiliar a Distribuição da EReq em DDS

A estratégia tem como objetivo investigar, analisar, adaptar métricas e propor indicadores que são específicos para o DDS para auxiliar na distribuição da etapa de EReq.

A melhoria de EReq é um objetivo fundamental para as organizações e deve estar baseado em medições. Entretanto, definir, coletar e analisar um conjunto de métricas não é uma tarefa trivial, sendo necessário levar em consideração algumas particularidades que vão além das questões técnicas, que não podem ser ignoradas, tais como a confiança (Huzita et al., 2008; Moe e Scaronmite, 2008), distância geográfica (Carmel e Agarwal, 2001), a gestão da diversidade cultural (Avritzer, 2006), diferentes fusos horários (Herbsleb e Moitra, 2001) e sócio cultural (Holmstrom et al., 2006; Soares et al., 2012).

Para atingir este objetivo, primeiro foi realizada uma revisão sistemática, a fim de coletar evidências sobre métricas para auxiliar a distribuição do processo de software. As métricas coletadas e adaptadas da literatura foram validadas no estudo experimental na Seção 5.1.4 referente a estimativa de esforço para realizar RF e RNF de casos de uso da etapa de EReq (Karner, 1993) e os fatores de comunicação utilizando ferramentas síncrona e assíncrona de comunicação (Gotel et al., 2010). Este é apenas um conjunto válido com o qual será possível apresentar as principais ideias da estratégia proposta

6.1.1 Fundamentação do Arcabouço da Estratégia

Sendo necessário adotar uma estratégia que não assuma, a priori, a divisão entre aspectos sociais e técnicos, e sim os considere integradamente por meio de aspectos sociotécnico (Cukierman et al., 2007; Obata et al., 2012), a partir da construção de elementos que combinados e associados representam um arcabouço. Esse arcabouço abrange 4 grandes áreas de pesquisa, sendo estas: etapa de EReq; métricas; indicadores; e o aspecto sociotécnico. Ao optar por distribuir esta etapa, além de todas as dificuldades inerentes ao desenvolvimento distribuído, uma organização começa a enfrentar diversas dificuldades de adaptação tais como; identificação de *stakeholders*, comunicação, diferenças culturais, rastreamento de requisitos, ambiguidade e falta de clareza que tem que ser levadas em consideração. A Figura 6.1 ilustra os elementos e a organização do arcabouço da estratégia objeto de pesquisa desta dissertação.



Figura 6.1: Arcabouço da estratégia da pesquisa.

As métricas utilizadas na estratégia foram extraídas e adaptadas da literatura referentes a EReq, considerando os seguintes fatores: **pessoas**, **processos** e **tecnologias**. Essa distribuição será baseada na correlação das métricas primárias buscando-se um direcionador (indicador) para alocar a etapa de EReq às equipes distribuídas. Neste contexto, a estratégia recebe como entrada a EReq (necessidade do software a ser implementado).

A intenção é que a regra de negócio do sistema seja documentada pelas equipes distribuídas através da alocação da etapa. Esta distribuição consiste em avaliar o nível de influência dos requisitos funcionais (RF) (recursos desejados para o sistema) e requisitos não funcionais (RNF) (qualidades necessárias ao sistema) estabelecido pelo gerente do projeto e multiplicar os elementos da estratégia com o indicador extraído na correlação das métricas, obtendo desta forma o critério da distribuição.

Assim, a combinação dos fatores para compor a estratégia resulta de elementos cuja característica intrínseca passa a incorporar aspectos sociotécnicos (Obata et al., 2012), a fim de prever e avaliar como os aspectos do comportamento humano, comunicação, fatores não técnicos e do contexto sócio cultural (Soares et al., 2012), afetam a qualidade da distribuição. A partir da construção de elementos combinados e associados representa-se o modelo conceitual da estratégia, apresentada na Figura 6.2.

Como pode ser visto na Figura 6.2, o **Workspace** provê separação explícita do espaço de trabalho que faz parte da equipes distribuídas. Através desse espaço a equipe modela e acompanha os recursos referentes aos recursos humanos, execução de processos, e tecnologias tratando de informações sobre o projeto. Assim, a equipe controla suas atividades podendo iniciar, pausar, finalizar ou delegar uma atividade a outro membro da equipe que devem ser encaminhadas a **Área Local**, além de ter acesso às funcionalidades para obter a estratégia EDEEReq.

Repositório Local, representa o espaço onde são persistidos os dados referentes à *Recursos Humanos (Equipes)*, *Processo* e *Tecnologia*. A **Área Local** contém os dados de cada equipe passível de participar de um projeto, esses dados posteriormente são enviados para o repositório compartilhado. **Repositório Compartilhado**, responsável por armazenar informações para, através dela, formular as metas, objetivos e métricas da estratégia proposta, que será responsável por distribuir a etapa de EReq em DDS durante o ciclo de vida do projeto.

Estratégia, abrange os elementos da estratégia proposta. Esses elementos visam a integração das regras de negócio do sistema com implementação do método GQM, de modo a identificar um conjunto de métricas. Por sua vez, essas métricas serão correlacionadas para extrair indicadores para distribuir a etapa de EReq, com iniciativa de implementação

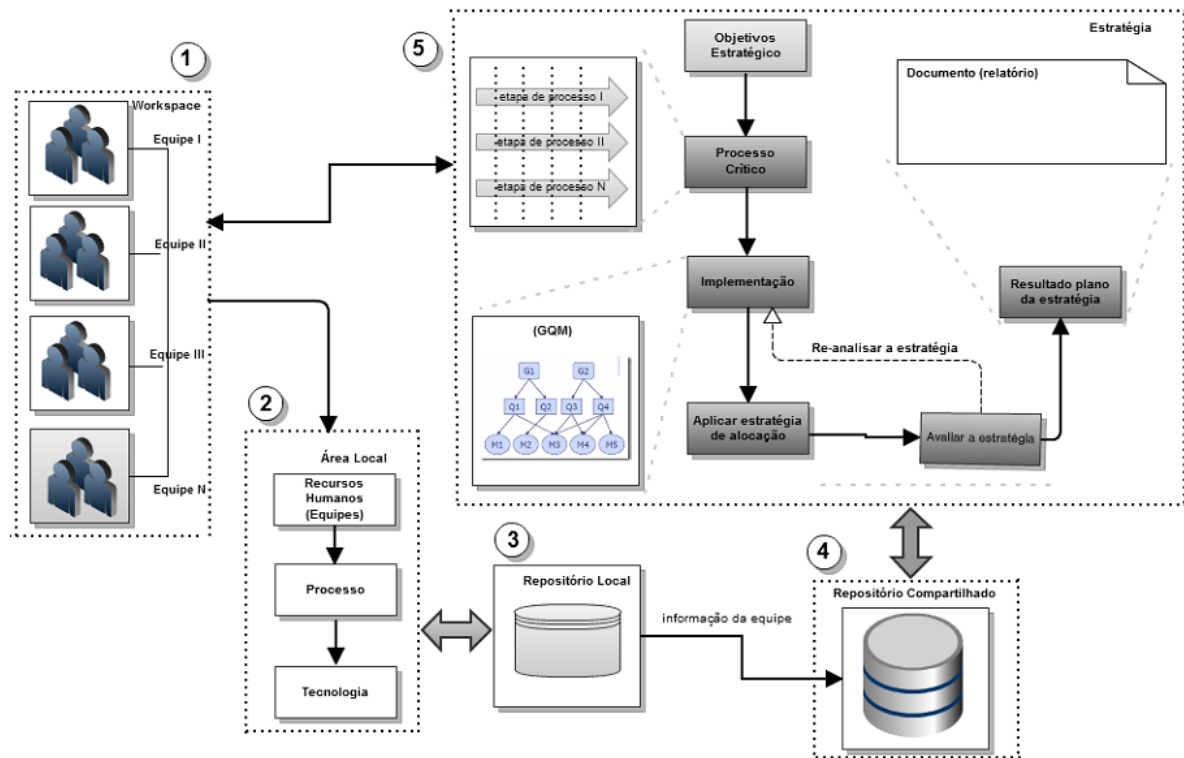


Figura 6.2: Modelo conceitual da estratégia.

de melhores práticas para apoiar a gestão de projetos, e gerente de portfólio na tomada de decisões baseada em indicadores. A estratégia permite também avaliar a estratégia e apresentar resultados ao gerente das equipes distribuídas referente a alocação da EReq às equipes participantes do projeto.

6.1.2 Metaprocesso de Atividade da Estratégia (MPAE)

O MPAE tem o objetivo de definir o *guideline* para utilização da estratégia que permitem a avaliação de cada processo aplicado na abordagem, tais como:

- a definição de questões gerenciais e técnicas a serem respondidas através do método GQM; e
- a definição da estratégia da distribuição da etapa de EReq em DDS baseada e indicadores extraídos da correlação das métricas.

O MPAE possui como entrada o diagrama de casos de uso *AirTaxi* e os elementos das métricas definidos para estratégia EDEEReq-DDS. O diagrama de atividades da Figura 6.3 apresenta as atividades que devem ser realizadas para entendimento e avaliação de cada processo na instanciação da estratégia.

As etapas definidas pelo MPAE e suas descrições são apresentadas a seguir:

Definição de casos de uso (UC): representam os objetivos de negócios que o sistema *AirTaxi* deve atingir, com base na especificação de requisitos;

Definição da etapa do processo de software (EREq) (EPS): representa a etapa do processo de software escolhida para distribuição dos artefatos de negócio (caso de uso) a equipes distribuídas em nível global;

Definição das regras de negócio (RN): é um conjunto de requisitos funcionais (RF) e não funcionais (RNF) de casos de uso do sistema, que os participantes do estudo experimental classificam em iterações que efetua o ciclo completo de desenvolvimento. Esses casos de uso são divididos de acordo com o problema (ou problemas) que seleciona e, também, geralmente se utiliza alguns parâmetros para determinar a prioridade deles, relevância no negócio e risco de desenvolvimento;

Definição do modelo de negócio (MG): representa a prática organizacional que envolve transferir uma função organizacional para um terceiro ou transferência de processos de negócios para empresas externas;

Classificação de modelo de negócio (CMN): representa a classificação do modelo de negócio definido, *Offshore Outsourcing* ou *Offshoring* que consiste na contratação de uma empresa terceirizada (*outsourcing*) localizada em um país diferente da contratante (*offshore*);

Seleção das métricas baseada em modelos de negócio (SM): é o conjunto de métricas selecionadas de acordo com a regra de negócio e modelos de caso de uso para distribuição da etapa de EReq em DDS;

Definição das questões gerencias para as métricas (QGM): são questões que devem ser respondidas segundo as perspectivas gerencias e técnicas, visando apoiar a definição das métricas para análise quantitativa;

Definição das métricas (DM): são as métricas que devem ser definidas para apoiar a distribuição da etapa da EReq em DDS;

Mecanismo de Validação Experimental (MVE): é considerado a parte integrante das atividades de desenvolvimento da estratégia da distribuição da etapa de EReq em DDS e possui três fases distintas como mostra a Figura 6.3. O diagrama é composto por: Planejamento (Seção 5.1.2), Coleta de Dados (Seção 5.1.3) e Análise de Dados e Documentação (Seção 5.2). Na Figura 6.3, as ações (retângulos) representam as fases da análise das métricas com objetivo de validar a correlação para extrair indicadores que sirvam de elementos para estratégia da distribuição, enquanto as decisões, (losângulo), representam as pré e pós condição de cada fase. Inicialmente, os gerentes locais devem

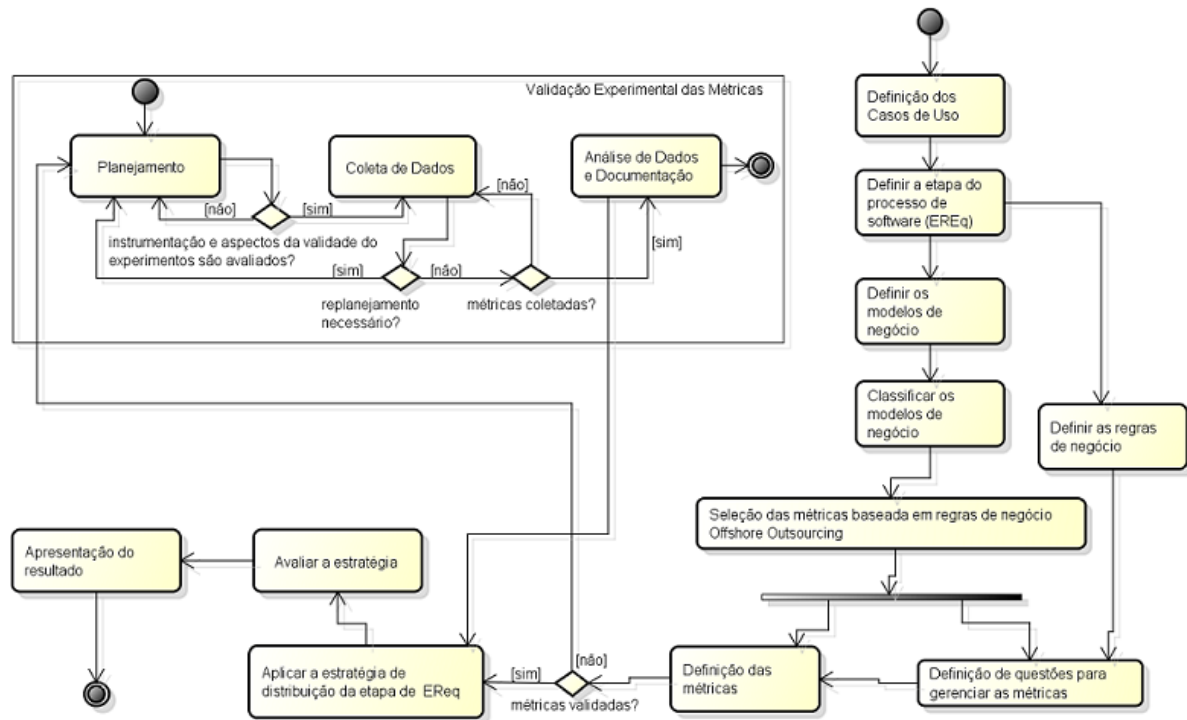


Figura 6.3: MPAE- Atividades do Metaprocesso da Estratégia.

instanciar os aspectos de validação do experimento, assim como a instrumentação e definir os artefatos necessários para o estudo empírico (Seção 5.1.2).

Em seguida os dados experimentais são coletados (Seção 5.1.3) para serem analisados e avaliados na fase de análise e interpretação.

Finalmente, os resultados são apresentados e empacotados durante a fase da documentação (Seção 5.2). A negligência de qualquer dessas fases acarreta em resultados errôneos e precisa de modificações na estratégia que já tenha sido feita, o que às vezes é impossível de realizar (Travassos et al., 2002).

Estratégia da distribuição da etapa EReq (ED): representam os elementos para elaboração da estratégia da distribuição da etapa EReq, esses elementos visam a integração das regras de negócio do sistema com implementação do método GQM, como iniciativa de melhores práticas para apoiar a gestão de projetos na tomada de decisões baseada em indicadores;

Avaliar a estratégia (AE): Avaliar a estratégia através dos elementos que as compõe derivado do estudo experimental das métricas; e

Apresentação de resultados (AR): permite apresentação dos resultados da estratégia ao gerente das equipes distribuídas referente à alocação da EReq às equipes participantes do projeto.

A definição das métricas possui como entrada o diagrama de caso de uso e as questões gerenciais e técnicas. Essa atividade define as questões gerenciais e técnicas (QGT) para responder as métricas (DM) selecionadas e apoiar a coleta de dados e análise quantitativa. As atividades de questões gerenciais e técnicas (QGT) e definição das métricas (DM) são realizadas paralelamente. Assim que cada questão é definida, sua(s) métrica(s) já pode(m) ser proposta(s). A Tabela 6.1 apresenta um resumo das entradas e saídas de cada atividade MPAAE para elaboração da estratégia EDEEREq.

Tabela 6.1: Metaprocesso de Entrada e Saídas das Atividades.

Atividades	Entrada(s)	Saída(s)
Definição de casos de uso	(UC)	(RN)
Definição do modelo de negócio	(MG)	(CMN)
Definição das questões gerenciais para as métricas	(QGM)	(SM)
Definição das métricas	(DM)	(MVE)
Estratégia da distribuição da etapa EREq	(DM),(ED) e (AE)	(AR)

6.1.3 Fundamentação e análise dos elementos da estratégia

Para distribuir a a etapa de EReq serão levados em consideração os seguintes elementos: i) a correlação (Corr3.) descrita na equação 6.3; ii) o tamanho da equipe; iii) os níveis de influência da estimativa de esforço associado a equipe; iv) fatores de comunicação utilizando ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação associada pelos participantes por cada configuração distinta agrupada por equipe; v) estimativa de esforço despendido pela equipe; e a vi) e os fatores de meios de comunicação utilizando ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação por equipe para realizar as regras de negócio.

Portanto, para o efeito de análise de dados nessa fase, torna-se necessário o agrupamento das equipes resultante da estrutura intrínseca da estratégia apresentado na Figura 6.2. Para determinar a distância geográfica e temporal das equipes será utilizado o cálculo da média proposto por O'Leary e Cummings,(2007), que consiste na configuração média distinta entre locais das equipes i e j em quilômetros ou (*miles*) e o número da distância temporal i e j entre as localidades sobre o número de pessoas no local i e j.

A seguir são apresentados os elementos discretos para o efeito da distribuição da etapa de EReq em DDS.

i) **Correlação (Coor.3) das métricas** $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$.

A correlação das métricas é descrita na equação 6.3, que apresenta a fórmula de Spearman para Corr.3:

$$(corr.3) = 1 - \frac{6}{n(n^2 - 1)} \times \sum_{i=1}^n d_i^2$$

Tal que n e o número de amostra (N)

$$(corr.3) = 1 - \frac{6}{18(18^2 - 1)} \times 316 = 1 - 0,3261 = 0,67$$

ii) **tamanho da equipe.** Este estudo empírico foi realizado com três equipes dispersas em nível global conforme descritas abaixo:

- *Eq01 - DMI-MZ* - possui um número de participantes (N) igual 5;
- *Eq02 DFD-MZ* - possui um número de participantes (N) igual 5; e
- *E03 DIN-BR* - possui um número de participantes (N) igual 8.

iii) **níveis de influência da estimativa de esforço.** O níveis de influência da estimativa de esforço por equipe é resultante do cálculo da somatória dos valores caracterizado pelos participantes no término da configuração dos fatores de métrica $Esforco_{(etapa)}$ para compor a estratégia conforme o seu julgamento. No que se refere ao entendimento do nível de complexidade de realizar a tarefa de configuração da estimativa de esforço com os modelos de caso de uso dividido pelo número de participantes.

A fórmula de cálculo do nível de influência de cada equipe é descrita abaixo:

$$Eq01 : nie1 = \frac{\sum_{i=1}^n (nie1)}{N} = \frac{18}{5} = 3,6$$

$$Eq02 : nie2 = \frac{\sum_{i=1}^n (nie2)}{N} = \frac{18}{5} = 3,6$$

$$Eq01 : nie3 = \frac{\sum_{i=1}^n (nie3)}{N} = \frac{29}{8} = 3,63$$

Onde:

nie - é o nível de influência da estimativa de esforço por equipe.

iv) **níveis de influência dos fatores de comunicação utilizando a ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação.**

O nível dos fatores de comunicação utilizando a ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação por equipe é resultante do cálculo da somatória dos valores caracterizados pelos participantes no término da configuração dos fatores da métrica $Fatcom_{(m)}$ para compor a estratégia.

A fórmula de cálculo de nível de influência de cada equipe é descrita abaixo:

$$Eq01 : niq1 = \frac{\sum_{i=1}^n(niq1)}{N} = \frac{16}{5} = 3,2$$

$$Eq02 : niq2 = \frac{\sum_{i=1}^n(niq2)}{N} = \frac{17}{5} = 3,4$$

$$Eq01 : niq3 = \frac{\sum_{i=1}^n(nie3)}{N} = \frac{28}{8} = 3,5$$

Onde:

niq - é o nível de influência dos fatores de comunicação utilizando ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação por equipe.

v)**estimativa de esforço despendido pela equipe.**

O esforço por equipe é resultante do cálculo da somatória dos valores atribuídos aos fatores de complexidade técnica, ambientais, complexidade de atores, configuração das iterações de caso de uso e transição de casos de uso classificados pelos participantes para alimentar a métrica $Esforco_{(etapa)}$ dividido pelo número de participantes.

A fórmula de cálculo de nível da estimativa de esforço despendido de cada equipe é descrita abaixo:

$$Eq01 : ed1 = \frac{\sum_{i=1}^n(ed1)}{N} = \frac{3,57}{5} = 0,714$$

$$Eq02 : ed2 = \frac{\sum_{i=1}^n(ed2)}{N} = \frac{3,56}{5} = 0,712$$

$$Eq01 : ed3 = \frac{\sum_{i=1}^n(ed3)}{N} = \frac{5,76}{8} = 0,72$$

Onde:

ed - é a estimativa de esforço despendido por equipe.

vi)**fatores de comunicação utilizando ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação.**

Os fatores de comunicação utilizando a ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação por equipe é resultante do cálculo da somatória dos valores atribuídos aos fatores relacionados com os fatores de comunicação para realizar as regras de negócio da especificação de requisitos classificado pelos participantes para alimentar a métrica $Fatcom_{(m)}$ dividido pelo número de participantes.

A fórmula de cálculo do nível dos fatores de comunicação utilizando a ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação despendido de cada equipe é descrita abaixo:

$$Eq01 : qe1 = \frac{\sum_{i=1}^n(qe1)}{N} = \frac{3,11}{5} = 0,622$$

$$Eq02 : qe2 = \frac{\sum_{i=1}^n(qe2)}{N} = \frac{3,14}{5} = 0,628$$

$$Eq01 : qe3 = \frac{\sum_{i=1}^n(qe3)}{N} = \frac{4,91}{8} = 0,614$$

Onde:

qe - é o fator de comunicação utilizando ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação despendida por equipe

vii) **distância média geográfica e temporal das equipes.**

A configuração da distância geográfica e temporal está representada por três lugares diferentes, Moçambique, Brasil e Portugal. Este último é o gerente global responsável por distribuir os artefatos para configuração dos estudos experimentais.

Assim, a configuração da equipe é o arranjo dos membros através dos lugares independentes das distâncias espacial e temporal entre eles, fornecendo medidas padrão, que os pesquisadores podem usar para comparar seus resultados entre os estudos e realizar análises *post-hoc* de conjuntos de dados em que a dispersão não foi originalmente conceituada em termos multi-dimensionais (OLeary e Cummings, 2007).

Abaixo são ilustradas cada medida com figuras e exemplos de três equipes para os quais temos dados extraídos do estudo experimental. Essas medidas foram validadas no estudo de caso proposto por OLeary e Cummings,(2007). As equipes são do meio acadêmico e empresas que cuidam de desenvolvimento de infraestruturas, documentação do sistema, e protocolos de comunicação. A equação 5.11 e 5.12 fornecem as fórmulas para cada medida.

$$SDI = \sum_{i-j}^k \frac{(KM_{ij} \times n_i \times n_j)}{(N^2 - N)/2}$$

$$SDI = \frac{(5353 \times 10 \times 1) + (5711 \times 10 \times 8) + (4080 \times 8 \times 1)}{(18^2 - 18)/2} = \frac{543050}{153} = 3,55$$

Quanto maior a SDI, mais espacialmente disperso se encontra a equipe. Por exemplo, a amostra de 18 elementos foi disperso em três países (Moçambique, Brasil e Portugal) e teve uma SDI de 3.55(ver Figura 6.4).

Esses números e as equipes de amostra ajudam a ilustrar como uma compreensão unidimensional de dispersão não consegue captar diferenças importantes em equipes reais geograficamente dispersas.

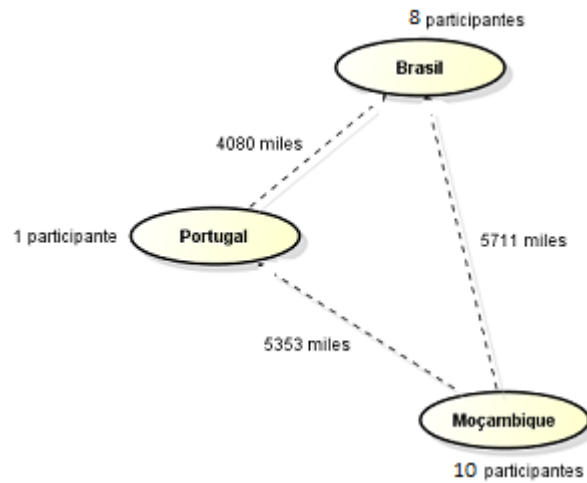


Figura 6.4: Equipe de Desenvolvimento Distribuído de Software Índice Distância Espacial=3,55.

Os desafios de trabalhar em diferentes fusos horários são bem conhecidos (Herbsleb e Moitra, 2001), e o tempo são baseadas na distância espacial, isto é, eles estão ligados a distância espacial.

Por exemplo, a TDI descreve a distância temporal de Moçambique, Brasil e Portugal como tendo quase o mesmo nível de dispersão como uma divisão entre os lugares de Portugal e Moçambique devido à distância em milhas entre os dois locais ser semelhante.

No entanto, Portugal e Moçambique difere de uma hora no fuso horário, facilitando a comunicação síncrona dentro de horas normais para ambos os lugares. O Brasil e Moçambique e Portugal e Brasil são cinco e quatro fusos horários separados o que diminui a flexibilidade de envio de mensagens síncronas como chamadas telefônicas.

A equação abaixo representa a fórmula da medida:

$$TDI = \sum_{i-j}^k \frac{(TZ_{ij} \times n_i \times n_j)}{(N^2 - N)/2}$$

O índice TDI capta a distinção, através da medição de quantas horas médias separam os membros da equipe durante o qual eles poderiam se comunicar de forma síncrona e assíncrona.

$$TDI = \frac{(5 \times 10 \times 8) + (1 \times 10 \times 1) + (4 \times 1 \times 8)}{(18^2 - 18)/2} = \frac{442}{153} = 2,89$$

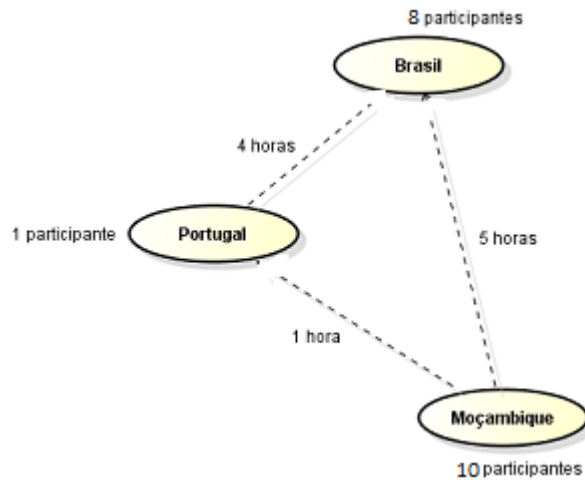


Figura 6.5: Equipe de Desenvolvimento Distribuído de Software Índice Distância Temporal=2,89.

Quanto menor o TDI, mais tempo hábil para a comunicação assíncrona entre as equipes. Assim, a amostra de 18 elementos foi disperso em três países (Moçambique, Brasil e Portugal) e teve uma TDI de 2.89 (ver Figura 6.5).

O índice SDI e TDI é um fator importante na abordagem de DDS, embora não capturem a terceira dimensão, isto é, a configuração elas servem como base para analisar a distribuição da etapa de EReq de DDS.

6.2 Interpretação dos Resultados Obtidos

Com base na análise da fundamentação dos elementos da estratégia é calculada a função objetiva, índice para distribuição da etapa de EReq em DDS, que consiste em multiplicar todos os elementos que representam a estratégia segundo a equação 6.1.

$$\rho(DI)_{Eq} = (Corr.3) \times nie \times niq \times ed \times qe \times SDI \times TDI \quad (6.1)$$

Onde:

$\rho(DI)_{Eq}$ - é o índice da distribuição da etapa de EReq em DDS.

$(Corr.3)$ - é a correlação das métricas para distribuição da etapa.

nie - é o nível de influência da estimativa de esforço por equipe.

niq - é o nível de influência dos fatores de comunicação utilizando ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação por equipe.

ed - é a estimativa de esforço despendido por equipe.

qe - é o fator de comunicação utilizando a ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação despendida por equipe.

SDI - é o índice a distância espacial.

TDI - é o índice da distância temporal.

N - é o número de participantes por equipe.

Portanto, a geração do índice da distribuição $\rho(DI)_{Eq}$ foi realizada com base nas regras de negócio configurada por cada equipe. Assim, o objetivo é dar prioridade para equipe que obtiver menor índice de distribuição, visto que quanto menor for ed maior é a compreensão das regras de negócio; e quanto menor for o qe menor é a complexidade para comunicação síncrona e assíncrona.

Os dados contendo os valores do índice da distribuição $\rho(DI)_{Eq}$ são descritos para o cálculo de cada equipe abaixo:

$$\rho(DI)_{Eq01} = 0,67 \times 3,6 \times 3,2 \times 0,714 \times 0,622 \times 3,55 \times 2,89 = 35,17$$

$$\rho(DI)_{Eq02} = 0,67 \times 3,6 \times 3,4 \times 0,712 \times 0,628 \times 3,55 \times 2,89 = 37,62$$

$$\rho(DI)_{Eq03} = 0,67 \times 3,63 \times 3,5 \times 0,72 \times 0,614 \times 3,55 \times 2,89 = 38,61$$

Nesse conjunto de resultados preliminares, foram executados conjunto de dados das três equipes participantes da validação experimental das métricas (Capítulo 5). Estes resultados são projetados como $\rho(DI)_{Eq}$, índice da distribuição da etapa de EReq de DDS. Os dados das equipes resultante da equação 6.1 mostram os resultados da nossa experiência.

A ordenação para classificar o *ranking* da equipe, a melhor posicionada para ser selecionada à etapa é medida de acordo com o valor $\rho(DI)_{Eq}$. Se a medida dos valores das equipes tender a 0 (zero), maior é a chance de ser selecionada a etapa de EReq.

Em análise vemos que os resultados dos índices da distribuição são diferentes devido às variáveis ed , nie , qe e niq (o que significa que encontramos qualquer $\rho(DI)_{Eq}$ positiva ou negativa), atribuídas por cada equipe respectivamente. Como os valores $Corr.3$, SDI e TDI são constantes eles não afetam a variância dos resultados.

Como os valores das variáveis tornam-se desequilibradas, podemos concluir que, quanto menor for a variável ed , maior é o entendimento do RF e RNF de casos d uso para especificar o requisito e menor é o valor atribuído pelo participante à variável nie . Quanto menor for o valor da variável qe , mais tempo hábil para a comunicação síncrona

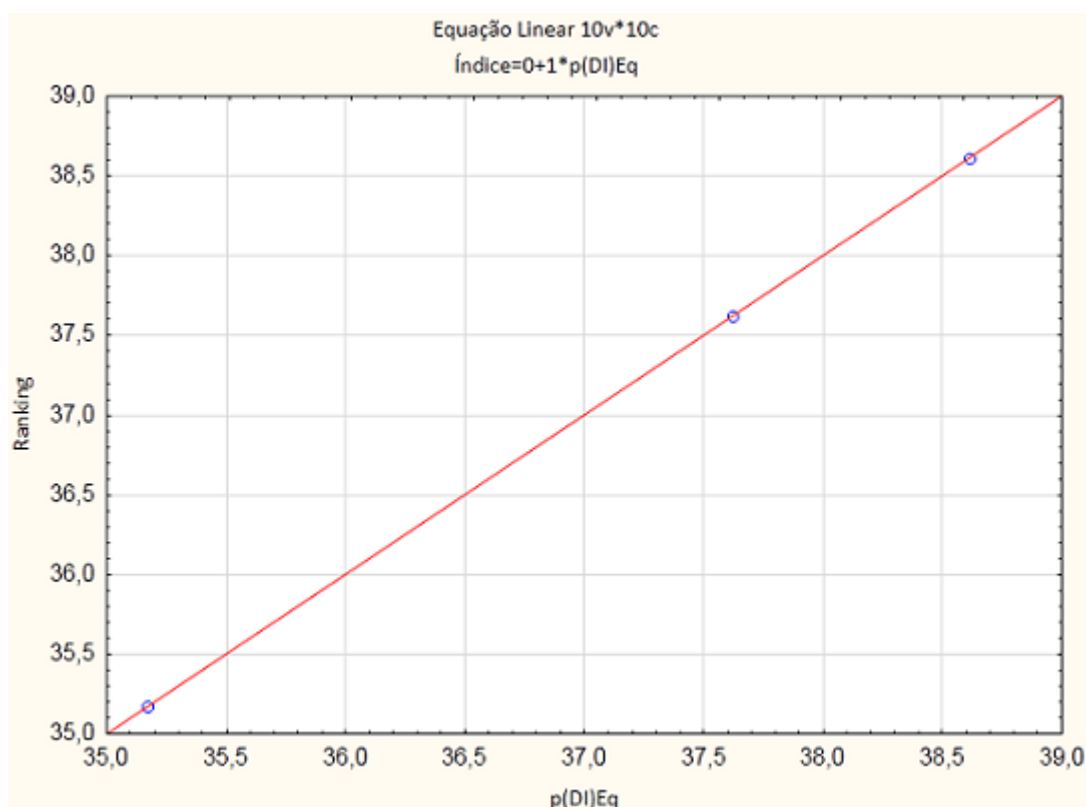


Figura 6.6: Ranking das equipes para distribuição da etapa de EReq em DDS.

e assíncrona entre as equipes para realizar as tarefas e menor é a variável niq associada pelos participantes para enviar mensagens utilizando ferramentas síncronas e assíncronas de comunicação.

Deste modo, pode-se argumentar que o índice de distribuição são capazes de gerar resultados significativos na distribuição da etapa à equipes dispersas em nível global para realizar a especificação das regras de negócio e suas tarefas correspondentes.

Assim, quanto menor for o $\rho(DI)Eq$, maior é a chance da equipe ser selecionada. Nesse estudo a equipe ($\rho(DI)Eq_{01}$) possui o menor valor do índice por que aproxima-se do valor 35 pretendido conforme ilustra a Figura 6.6.

6.3 Considerações finais

Este capítulo apresentou a estratégia para distribuição da etapa de EReq em DDS a equipes dispersas em nível global, utilizando o índice ($\rho(DI)Eq$) da distribuição como indicador. A abordagem de GQM mostrou ser satisfatória para estabelecer um programa de mensuração efetivo que enfoca a atenção nas reais causas de problemas do processo de software.

Os resultados da validação experimental baseada em GQM permitiram identificar evidências que as métricas possam ser utilizadas como indicadores de distribuição da etapa de EReq em DDS baseadas na análise qualitativa e quantitativa. Analisando os resultados, mostram que na ordenação para classificação do *ranking* das equipes, que quanto menor for o $\rho(DI)_{Eq}$, maior é a chance da equipe ser selecionada para gerenciar e controlar a etapa de EReq em projetos DDS.

Diante dos resultados apresentados, acredita-se que a estratégia venha a auxiliar fortemente a distribuição da etapa de EReq para projetos dessa natureza por basear-se na análise de modelos de caso de uso definidos pela regra de negócio e pontos de caso de uso técnicos (TUCP).

CONCLUSÕES

7.1 Propósito da Pesquisa

Esta dissertação propõe uma estratégia para auxiliar a distribuição da etapa de EReq de DDS baseada na correlação das métricas com o intuito de extrair indicadores para avaliar a completude da distribuição às equipes globalmente distribuídas.

Esta estratégia tem os seus princípios fundamentados na definição das regras de negócio e suas iterações do modelo de casos de uso a ser analisado. Para tanto, métricas da distância geográfica e temporal validadas por O'Leary e Cumming, (2007); e métricas da estimativa de esforço e fatores de comunicação utilizando ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação para realizar RF e RNF de casos de uso foram extraídas e adaptadas da literatura.

As duas últimas métricas foram validadas por meio de um estudo de validação experimental que contou com a participação de dezoito participantes da área da Tecnologia de Informação e Engenharia de Software, gerando um total de dezoito configurações distintas.

A avaliação sistemática da correlação das métricas, indicadores da distribuição da etapa de EReq, assim como os elementos que as compõem, possuem um grau de importância relevante para a estratégia. Esses elementos, permitem a identificação de ambiguidades e inconsistências na representação da configuração dos fatores de complexidade técnica, ambientais, cálculo de pontos de casos de uso técnico, contagem de casos de uso, estimativa de esforço da etapa de EReq e meios de comunicação, compondo as diretrizes para o gerenciamento adequado da distribuição.

O estudo contou com a participação de três equipes diferentes, duas da academia e uma empresa do ramo de desenvolvimento de sistemas de informação.

7.2 Resultados e Contribuições

Este estudo tem contribuições significativas para a engenharia de software e gestão das organizações que atuam em DDS. Em primeiro lugar, a avaliação empírica do estudo experimental da validação das métricas mostrou a importância de compreender a natureza dinâmica do DDS. Identificar a métrica para distribuir a etapa de EReq e determinar as dependências de tarefas relevantes, a coordenação tem um impacto significativo sobre a redução do tempo de resolução na fase de análise de projetos de sistemas no processo de software em DDS.

As análises estatísticas levam a concluir que as métricas $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$ são indicadores relevantes da estimativa de esforço e fatores de comunicação utilizando ferramenta síncrona e assíncrona de comunicação para distribuição da etapa de EReq. A correlação de $Esforco_{(etapa)}$ e $Fatcom_{(m)}$ possui um valor limite de (0,67), o que evidencia que tais métricas são fortemente correlacionadas como mostrado na Equação 6.3, capítulo 6, Seção 6.3.2.

Assim, o $\rho(DI)_{Eq}$ por equipe proposto para o cálculo estende conceituações tradicionais de coordenação, tendo um nível sustentável de análise para melhor examinar os elementos que compõe a estratégia. Estes elementos podem ter implicações importantes para a produtividade e a qualidade do resultado do desenvolvimento das fases seguintes no DDS (Matusse et al., 2012).

Na análise dos elementos que compõe a estratégia, os resultados sugerem que quanto menor for a variável ed maior é o entendimento da regra de negócio para especificar o requisito e menor é o valor atribuído pelo participante à variável nie . Quanto menor for o valor da variável qe , mais tempo hábil para a comunicação síncrona e assíncrona entre as equipes para realizarem as tarefas e menor é a variável niq associada pelos participantes para enviar mensagens utilizando a tecnologia de coordenação.

Assim, quanto menor for o $\rho(DI)_{Eq}$, maior é a chance da equipe ser selecionada, nesse caso a equipe ($\rho(DI)_{Eq01}$) por possuir um valor limite (35,17).

Por estas razões, a utilização de indicadores para distribuição da etapa de EReq de DDS representam uma importante estratégia que as organizações de desenvolvimento de software, em especial, devem levar em consideração quando grupos de trabalho estão distribuídos geograficamente.

7.3 Dificuldades e Limitações

Este trabalho possui algumas limitações importante a destacar. Em primeiro lugar, a estratégia limita-se na avaliação da estratégia baseado no diagrama de case de uso e UML, não considerando outras abordagens de desenvolvimento de software como *Model-Driven Development* (MDD) e orientado a aspectos.

A estratégia baseia-se em modelos e diagrama de casos de uso, e algumas suposições podem ser feitas sobre esta ameaça. Acredita-se que estudos experimentais devem ser feitos utilizando casos reais desenvolvidas por organizações de software, contribuindo com a efetiva aplicação da distribuição da etapa de EReq em DDS.

Outra limitação é a dificuldade de captar profissionais qualificados para participar do experimento o que acentua nesse ambiente de DDS, que de certa forma, impede a generalização de resultados obtidos de tais experimentos.

Finalmente, a dificuldade de extrair métricas da literatura com métodos demonstrando evidências da sua validação, o que acaba limitando de certa forma as análises, sendo necessário primeiro validar essas métricas para posteriormente analisar a correlação das mesmas. Assim, à medida que a avaliação vai sendo realizada, características técnicas de sistemas semelhantes a outros tipos de sistemas de DDS da indústria de software devem ser consideradas.

7.4 Trabalhos Futuros

Os itens a seguir apresentam sugestões de trabalhos futuros como continuidade deste trabalho:

- aplicar replicações do estudo experimental com tamanho de amostras maiores para que seja possível alcançar a normalidade dos valores observados de modo a obter evidências reais de as métricas podem ser utilizadas como indicadores de distribuição da etapa de EReq em DDS;
- investigar a possibilidade de aplicar a estratégia em fábrica de software com o objetivo de generalizar os resultados obtidos sobre a viabilidade da uso da estratégia; e
- realizar um estudo experimental das métricas $H_{(equipe)}$ habilidade da equipe de realizar regra de negócio (Cataldo e Nambiar, 2009) e $Esforco_{(etapa)}$, estimativa de esforço para realizar RF e RNF de casos de uso da etapa de EReq em DDS (Karner,

1993), validá-las e utilizá-las como indicadores de distribuição da etapa de EReq em DDS.

Submissão de artigos

No decorrer do trabalho foram elaborados e submetidos artigos para os seguintes eventos:

- CLEI - XXXVIII Conferencia Latinoamericana En Informatica, 2012: Métricas e indicadores para auxiliar na distribuição das etapas do processo em desenvolvimento distribuído de software: Uma revisão sistemática. Artigo publicado;
- SBSI - IX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, 2013: Uma Estratégia de Alocação da Etapa de Requisitos como Apoio ao Gerenciamento de Projetos em Desenvolvimento Distribuído de Software. Artigo em avaliação; e
- EASE - 17th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, 2013: Experimental validation of the effort estimation metrics and factors of communication using communication technology for Distributed Software Development. Artigo a ser submetido a avaliação.

REFERÊNCIAS

- AUDY, J.; PRIKLADNICKI, R. Desenvolvimento distribuido de software: Desenvolvimento de software com equipes distribuidas. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Elsevier, 2007.
- AVRITZER, A. Coping with cultural diversity in gse environments. In: *International Conference on Global Software Engineering*, 2006, p. 199–199.
- BAETJER, H. J. Software as capital. IEEE Computer Society Press, 1998, p. 85.
- BASILI, V.; CALDEIRA, G.; ROMBACH, H. Goal question metric paradigm. v. 2, p. 527–532, 1994.
- BASILI, V.; ROMBACH, H. The tame projet: Towards improvement oriented software environments. v. 14, n. 6, p. 758–773, 1988.
- BATTIN, R. D.; CROCKER, R.; KREIDLER, J.; SUBRAMANIAN, K. Leveraging resources in global software development. IEEE Software, 2001, p. 70–77.
- BECK, K. Extreme programming explained: enbrance change. Boston : Addison Wesley, 1999.
- BIOLCHINI, J.; MIAN, P. G.; NATALI, A. C. C.; TRAVASSOS, G. H. Systematic review in software engineering. In: *Relatorio Tecnico COPPE/UFRJ*, 2005.
- BOOKS, S.; DALY, J.; MILLER, J.; ROPER, M.; WOOD, M. *Replication of experimental results in software engenieering*. Germany: Relatorio Tecnico ISERN-96-10, Internacional Software Engenieering Research Network, 1996.
- BRIAND, L. C.; DIFFERDING, C. M.; ROMBACH, H. D. Practical guidelines for measurement-based process improvement software process improvement and practice. v. 2, 1995.
- BUGLIONE, L.; ABRAN, A. Balanced scorecards an gqm: What are the differences? In: *FESMA-AEMES Software Measurement Conference*, 2000.

- CARMEL, E.; AGARWAL, R. Tactical approaches for alleviating distance in global software development. *IEEE Software*, 2001, p. 22–29.
- CARMEL, E.; TIJA, P. Offshore information technology: sourcing and outsourcing to a global workforce. In: *Cambridge: Cambridge University Express*, 2005.
- CATALDO, M.; NAMBIAR, S. Quality in global software development projects: A closer look at the role of distribution. In: *Fourth IEEE International Conference on Global Software Engineering*, 2009, p. 163–173.
- CHAVES, A. *Um modelo baseado em context-awareness para um ambiente de desenvolvimento distribuído de software. dissertação de mestrado, universidade estadual de maringá. Parana-Maringá:DIN-UEM*, 2009.
- CORDER, G.; FOREMAN, D. Nonparametric statistics for non-statisticians: A step by step approach. USA:Wiley, 2009.
- CRESWELL, J. W. Qualitative inquiry and research design: Choosing among the five traditions london. Sage, 1997.
- CRESWELL, J. W. Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. Beverly Hills, CA, Sage, 2003.
- CUKIERMAN, H. L.; TEIXEIRA, C. A. N.; PRIKLADNICKI, R. Um olhar sociotécnico sobre a engenharia de software. In: *Revista de Informatica Teorica e Aplicada, XIV*, 2007, p. 199–219.
- CZEKSTER, R. M.; FERNANDES, P.; SALES, A.; WEBBER, T. Analytical modeling of software development teams in globally distributed projects. In: *IEEE, International Conference on Global Software Engineering*, 2010.
- DAMIAN, D.; MOITRA, D. Guest editors introduction: Global software development: How far have we come? *IEEE Software*, 2006, p. 17–19.
- DAMIAN, D.; ZOWGHI, D. The impact of stakeholders geographical distribution on requirements engineering in a multi-site development organization. In: *International Conference on Requirements Engineering*, 2002, p. 319–328.
- ESPINOSA, J. A.; CARMEL, E. The impact of time separation on coordination in global software teams: a conceptual foundation. v. 8, p. 249–266, 2003.

- FENTON, N. Software measurement: A necessary scientific basis. v. SE-20, n. 3, p. 199–206, 1994.
- FENTON, N. E.; PFLEEGER, S. L. Software metrics—a rigorous and practical approach. 1997.
- FIGUEIREDO, F.; FIGUEIREDO, A.; RAMOS, A.; TELES, P. Estatística descritiva e probabilidades. In: *Proceedings of the international symposium on Empirical Software Engineering*, Escolar, 2007.
- GENERO, O.; ZOUTD, V. From student to software engineer in the Indian IT industry: A survey of training. In: *Proceedings of the 23rd Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET10)*, IEEE-CS Press: Silver Spring MD, 2007.
- GOMES, A.; OLIVEIRA, K.; ROCHA, A. R. Avaliação de processos de software baseada em métricas. In: *XV Simposio Brasileiro de Engenharia de Software*, 2001, p. 344–349.
- GOTEL, O.; KULKARNI, V.; SCHARFF, C. From student to software engineer in the Indian IT industry: A survey of training. In: *Proceedings of the 23rd Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET10)*, IEEE-CS Press: Silver Spring MD, 2010, p. 23–33.
- GRUHN, V. Process-centered software engineering environments: A brief history and future challenges. In: *Annals of Software Engineering 14*, 2002, p. 363–382.
- HAWRYSZKIEWYCZ, I. T.; GORTON, I. Distributing the software process. In: *Australian Software Engineering Conf.*, 1996, p. 176–182.
- HERBSLEB, J. D.; MOITRA, D. Global software development. *IEEE Software*, 2001, p. 16–20.
- HOLMSTROM, H.; CONCHUIR, E. O.; AGERFALK, P. J.; FITZGERALD, B. Global software development challenges: A case study on temporal, geographical and socio-cultural distance. In: *International Conference on Global Software Engineering*, 2006, p. 3–11.
- HUZITA, E. H. M.; SILVA, C. A.; WIESE, I. S.; TAIT, T. F. C.; QUINAIA, M.; SCHIAVONE, F. L. Um conjunto de soluções para apoiar o desenvolvimento distribuído de software. In: *II Workshop de Desenvolvimento Distribuído de Software*, 2008, p. 101–110.

- JALOTE, P.; JAIN, G. Assigning tasks in a 24-h software development model. In: *ScienceDirect:Elsevier*, 2006.
- KARNER, G. *Metrics for objectory. diploma thesis, university of linkoping.* Sweden, 1993.
- KAROLAK, D. Global software development-managing virtual team and environments. In: *IEEE Computer Society Press*, 1998.
- KITCHENHAM, B. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. In: *EBSE Technical Report EBSE-2007-01*, Keele University, 2007.
- KOMI-SIRVIO, S.; TIHINEN, M. Lessons learned by participants of distributed software development. In: *Knowledge and Process Management*, 2005, p. 108–122.
- KOMMEREN, R.; PARVIAINEN, P. Philips experiences in global distributed software development. In: *Empirical Software Engineering*, 2007, p. 647–660.
- KRUCHTEN, P. What us the rational unified process? 2001.
- LAMERSDORF, A.; MUNCH, J.; ROMBACH, D. A survey on the state of the practice in distributed software development: Criteria for task [9] allocation. In: *IEEE Int. Conf. on Global Software Engineering, ICGSE 2009*, 2009, p. 41–50.
- LATUM, F.; SOLIGEN, R.; OIVO, R.; HOISL, M.; ROMBACH, D.; RUHE, G. Adopting gqm-based measurement in a industrial environment. v. 5, n. Issue 1, p. 78–76, 1998.
- LEAL, G. C. L.; SILVA, C. A.; HUZITA, E. H. M.; TAIT, T. F. C. Recomendacoes para a gestao do desenvolvimento de software com equipes distribuidas. In: *IV Workshop de Desenvolvimento Distribuido de Software (WDDS)*, 2010, p. 23–33.
- LU, Y.; XIANG, C.; WANGC, B.; WANGC, X. What affects information systems development team performance? an exploratory study from the perspective of combined socio-technical theory and coordination theory. In: *ScienceDirect:Elsevier*, 2010.
- MATUSSE, E. A.; HUZITA, E. M.; TAIT, T. F. Metricas e indicadores para auxiliar na distribuicao das etapas do processo em desenvolvimento distribuido de software: Uma revisao sistematica, medelin, colombia. 2012.
- MOE, N. B.; SCARONMITE, D. Understanding a lack of trust in global software teams: a multiple-case study. v. 13, p. 217–231, 2008.

- MORSE, J. M.; RICHARDS, L. Readme first for a user's guide to qualitative methods. Sage Publications, 2002.
- MURASSE, C. M.; MENDES, R. J. Execucao e alinhamento da estrategia com balanced scorecard e tecnicas complementares. In: *VII Congresso Nacional de Excelencia em Gestao*, 2011.
- OBATA, F.; HUZITA, E. H. M.; TAIT, T. Gestao de projetos de software sob enfoque sociotecnico. In *Woses-Workshop Olhar Sociotecnico sobre a Engenharia de Software*, 2012.
- OLEARY, M. B.; CUMMINGS, J. N. The spatial, temporal, and configurational characteristics of geographic dispersion in teams. v. 31, n. 3, p. 433–452, 2007.
- PFLEEGER, S. L. Albert einstein and empirical software engineering. v. 32, n. 10, p. 32–37, 1999.
- PRESSMAN, R. Engenharia de software. 2006, p. 175–189.
- PRIKLADNICKI, R.; AUDY, J. L. N. Desenvolvimento distribuido de software. Elsevier, 2008.
- PRIKLADNICKI, R.; AUDY, J. L. N.; EVARISTO, R. Global software development in practice lessons learned. In: *Software Process: Improvement and Practice*, 2003, p. 267–281.
- PRIKLADNICKI, R.; MARCZAK, S.; CONTE, T.; SOUZA, C. D.; AUDY, J. L. N.; KROLL, J.; MARQUES, A. B.; ORSOLETTA, R. A. D. A evolucao e o impacto da pesquisa em desenvolvimento distribuido de software no brasil. In: *XXV Simposio Brasileiro de Engenharia de Software*, 2011.
- RAGIN, C. Constructing social research beverly hills. 1994.
- RAMASUBBU, N.; CATALDO, M.; BALAN, R.; HERBSLEB, J. Configuring global software teams: a multicompany analysis of project productivity, quality, and profits. In: *Proceeding of the 33rd international conference on Software engineering*, 2011.
- RIBEIRO, B.; ELIAS, G. Uso de atributos nao-tecnicos na alocao de equipes em projetos de desenvolvimento distribuido de software. 2011.
- RIBU, V. Goal question metric paradigm. In: *Encyclopedia of Software Engineering*, 2001, p. 527–532.

- ROBINSON, M.; KALAKOTA, R. Offshore outsourcing: Business models, roi and best practices. In: *EUA: Mivar Press*, 2007, p. 336.
- ROCHE, J. M. Software metrics and measurement and principles. v. 19, n. 1, p. 76–85, 1994.
- SANGWAN, R.; BASS, M.; MULLICK, N.; PAULISH, D. J.; KAZMEIER, J. Global software development handbook (auerbach series on applied software engineering series). Boston: Auerbach Publications, 2006.
- SCHWABER, K.; BEEDLE, M. Agile software development with scrum. New Jersey:Prentice Hall, 2002.
- SETAMANIT, S.; WAKELAND, W.; RAFFO, D. Planning and improving global software development process using simulation. In: *ACM Digital Library*, 2006.
- SETAMANIT, S.; WAKELAND, W.; RAFFO, D. Using simulation to evaluate global software development task allocation strategies. In: *ACM Digital Library*, 2007.
- SHAPIRO, S.; WILK, M. An analysis of variance test for normality (complete sample). v. 2, n. 53, p. 591–611, 1965.
- SOARES, P.; HUZITA, E. H. M.; TAIT, T. A strategy to treat sociocultural aspects on distributed development software. ICEIS 2012-Internacional Conference on Information System, 2012.
- SOFTEX A. para a promocao da excelencia do s. b. mps.br-guia geral. v. 1.2, 2007.
- SOLINGEN, R.; BERGHOUT, E. The goal/question/metric method: a practical guide for quality improvement of software development. 1999.
- SOMMERVILLE, I. Engenharia de software. Pearson Addison-Wesley, 2007.
- SPEARMAN, C. The proof and measurement of association between two things. In: *American Journal of Psychology*, 15(1):72101, 1904.
- TRAVASSOS, G. H.; GUROV, D.; AMARAL, E. A. G. Introducao a engenharia de software experimental. In: *Relatorio Tecnico RT-RS-59/20 COPPE/UFRJ*, 2002.
- WIERINGA, R.; MAIDEN, N.; MEAD, N.; ROLLAND, C. Requirements engineering paper classification and evaluation criteria: a proposal and a discussion, p. 102–107. 2006.

ZOWGHI, D. Does global software development need a different requirements engineering process?, p. 56–58. 2002.

Appendices

A

Um Estudo Baseado em Revisão Sistemática da Literatura

A.1 (Tabela 8.) Lista de artigos primários utilizado neste estudo e (Tabela 9.) Modelos propostos e identificados durante a revisão sistemática

TABELA 8. LISTA DE ARTIGOS PRIMÁRIOS UTILIZADO NA REVISÃO SISTEMÁTICA

Artigo	Ano	Fonte	Tipo publicação	Configuração de estudo	Metódo usado	Tipo pesquisa
1	2010	ScienceDirect	journal	indústria	experimental	proposta de solução
2	2011	WDDS	workshop	acadêmico	experimental	proposta de solução
3	2010	IEEE Xplore	conferência	indústria	experimental	pesquisa de avaliação
4	2011	WDDS	workshop	acadêmico	experimental	proposta de solução
5	2005	IEEE Xplore	workshop	misto	Survey, pesquisa exploratória	pesquisa de avaliação
6	2011	ACM Digital Library	conferência	indústria	experimental	pesquisa de avaliação
7	2008	IEEE Xplore	simpósio	indústria	estudo de caso	proposta de solução
8	2009	IEEE Xplore	conferência	indústria	entrevistas	artigo de opinião
9	2011	WDDS	workshop	acadêmico	revisão sistemática	artigo de opinião
10	2006	ScienceDirect	journal	indústria	simulação	pesquisa de avaliação
11	2007	ACM Digital Library	journal	indústria	simulação	pesquisa de avaliação
12	2006	ACM Digital Library	workshop	misto	simulação	pesquisa de avaliação

TABELA 9. MODELOS PROPOSTOS E IDENTIFICADOS DURANTE A REVISÃO SISTEMÁTICA

Modelo de distribuição	Artigos relacionados	Método de pesquisa	Técnicas	Características	Tipo pesquisa
Modelo para o desenvolvimento 24 horas: O modelo considera um GAD (Grafo Acíclico Direcionado), onde os vértices representam as tarefas e as arestas representam as dependências operacionais existentes (tarefas com restrições de precedência). Este modelo realiza a alocação buscando a redução na duração do projeto.	Jalote e Jain (2006)	Simulação	Método do Caminho Crítico	Esforço para execução de tarefas, dependências entre tarefas, habilidades requeridas e recursos requeridos	Nível de alocação: membros de uma equipe; Fatores considerados: habilidades; período de trabalho
Conjunto de práticas para orientar a definição de processos de software global em ambientes geograficamente distribuídos. O modelo identifica e analisa os aspectos que impactam na sua execução	Vanzin et al., (2005)	Survey, pesquisa exploratória	algoritmo mineração tradicional	Habilidades e conhecimentos do processo.	Nível de alocação: locais distribuídos. Fatores considerados: infraestrutura de comunicação, estrutura organizacional, confiança da equipe, diferenças fusos horários, cultural e tamanho da equipe.
Modelo alocação de equipes de desenvolvimento para módulos de software, detalhando os atributos utilizados na análise não técnica e como eles são obtidos. Este modelo captura os aspectos não-técnicos das equipes distribuídas e as dependências entre módulos de software.	Ribeiro et al.(2011) Santos et al, (2011)	Estudo teórico, Estudo experimental	Algoritmos genéticos Lógica Nebulosa	Habilidades de aspectos não-técnicos das equipes distribuídas e dependências entre módulos de software.	Nível de alocação: locais distribuídos; Fatores considerados: temporal, cultural e de afinidade das equipes.
Modelo de simulação GSD (Global Software Development): O modelo configura seus processos com	Setamanit et al., (2006) Setamanit et al. (2007)	Simulação	Simulação	-	Nível de alocação: locais remotos; Fatores considerados: etapas do processo de

diferentes etapas e estratégias de alocação, permitindo identificar a melhor alternativa quanto às estratégias de alocação. Este modelo fornece informações relacionadas à produtividade, recursos alocados, comunicação e coordenação durante o projeto.					desenvolvimento; atividades desenvolvidas; estratégia de alocação; fuso horário; localização; meios de comunicação.
Estudo alocação de tarefas em projetos de Desenvolvimento Distribuído de Software: Análise das Soluções Existentes	Marques al.(2011)	et Mapeamento sistemático	Coleta de evidências	-	Nível de alocação: híbridos (remoto e distribuído)
Estudo para identificar os critérios que são utilizados na prática de atribuição de tarefas a equipes distribuídas. Este modelo é baseado em entrevistas com gerentes selecionado das organizações e critérios atualmente aplicados na indústria são identificados.	Lamersdorf al.(2009)	et Survey, Estudo qualitativo, Relato de Experiência	Método de comparação constante	Habilidades técnica e de aspectos de coordenação	Nível de alocação: locais híbridos (remoto e distribuído)
Modelo para apoiar o processo de gerenciamento de defeitos que inclui a prevenção de defeitos, descoberta, resolução e melhoria de processos no programa de desenvolvimento de software	Korhonen et al,(2008)	et Estudo de caso	Método Goal Question Metric	Habilidades de aspectos de coordenação	Nível de alocação: locais distribuídos e Fatores considerados: requisitos técnicos dos módulos de software.
Modelo de práticas para analisar o desempenho das equipes de desenvolvimento a partir da perspectiva da teoria sociotécnica combinada e a teoria de coordenação. Este modelo é baseado no estudo de três aspectos da teoria sociotécnica: pessoas, tecnologia e tarefas.	Y. Lu et al, (2010)	et Estudo quantitativo, Estudo experimental	Teoria da coordenação e sócio técnico	Habilidades de aspectos de coordenação e não-técnicos das equipes distribuídas e dependências entre módulos de software	Nível de alocação: locais distribuídos; Fatores considerados: pessoas, tarefas e tecnologia.
Modelo analítico de desenvolvimento de software com equipes em projetos globalmente distribuídos. Este modelo é baseado em técnicas de modelagem de análise, a fim de prever a avaliação como os aspectos de comunicação afetam a produtividade dos membros da equipe em projetos geograficamente distribuídos	Czekster et al. (2010)	et Estudo quantitativo, Estudo Experimental	Técnicas de modelagem de análise	Habilidades técnica e de aspectos de coordenação	Nível de alocação: locais híbridos (remoto e distribuído) e Fatores considerados: habilidades de gestão e o conhecimento das equipes
O modelo configura equipes distribuídas globalmente, buscando produtividade de projetos, qualidade e lucros. Este modelo captura os aspectos dinâmicos e discretos de um ambiente de desenvolvimento distribuído de software e fornece informações relacionadas ao impacto de várias configurações e dimensões da dispersão geográfica	Ramasubbu et al (2011)	et Estudo Experimental	Modelos econométrico	-	Nível de alocação: locais distribuídos e Fatores considerados: dispersão geográfica, produtividade, qualidade e lucro

B

Documentos Gerados Durante a Avaliação

Este Apêndice contém documentos gerados durante a execução do processo da validação experimental das métricas.

Termo de Adesão do Estudo Experimental

“Uma Estratégia para Auxiliar a Distribuição da Etapa de Especificação de Requisitos de Desenvolvimento Distribuído de Software”

Declaro estar ciente de participar de um estudo experimental, denominado *Uma Estratégia para Auxiliar a Distribuição da Etapa de Especificação de Requisitos de Desenvolvimento Distribuído de Software*, a ser coordenado pelo aluno de Mestrado **Euclides Alfredo Matusse (DIN-UEM)** e pelos professores **Edson A. de Oliveira Junior** e **Tania Fatima Calvi Tait (DIN-UEM)**, respetivamente. Neste estudo utilizarei o modelo de caso de uso, adaptado no âmbito acadêmico pelo aluno no LDDS (Laboratório de Desenvolvimento Distribuído de Software DIN-UEM), os quais deverei classificar os casos de uso para cada iteração com objetivo de gerar configurações distintas. Essas configurações serão classificadas de acordo a sua complexidade de realizar as regras de negocio atribuindo pesos conforme o documento da guia de classificação e pesos. A partir destes será gerado dados que possam ser coletados para analise das métricas. Deverei ainda preencher os dados referentes à minha formação, experiência com UML, mais especificamente o modelo caso de uso, desenvolvimento distribuído de software, processo de software, além de um parecer a respeito do estudo após a sua realização. Declaro estar ciente de que os resultados coletados a meu respeito serão confidenciais.

Nome Participante	ID Participante	Assinatura	Local Data
	Sigla-Número		Maringá – Brasil
	UEM-BR	_____	18.10.2012

Questionário de Caracterização de Participantes em Estudo Experimental

“Uma Estratégia para Auxiliar a Distribuição da Etapa de Especificação de Requisitos de Desenvolvimento Distribuído de Software”

ID Participante

UEM-BR

Nas perguntas a seguir, marque alternativa a qual se aplica o seu caso.

1) Qual o seu nível de formação?

<input type="checkbox"/> Graduando	<input type="checkbox"/> Graduado
<input type="checkbox"/> Mestrando	<input type="checkbox"/> Mestrado

2) Qual a sua experiência com notação UML, mais especificamente com o diagrama caso de uso.

Eu **nunca** modeliei um software usando a notação UML;

Minha experiência com notação UML é básica.

Eu modelo software para o nível elementar usando UML, caso de uso, atores, comunicação de associação entre atores e caso de uso.

Minha experiência com notação UML é moderada.

Eu modelo software no nível intermediário para especificar os casos de uso usando UML, com a comunicação entre os casos de uso utilizando: *aggregation*, *composition*, *extend*, *include*, *generalization* e *dependency*, além dos elementos de seção anterior.

Minha experiência com a notação UML é avançada.

Eu modelo software no nível avançado para primeira etapa do processo de software, além dos elementos da seção anterior, utilizo a realização de caso de uso, descrição de todos os elementos do diagrama de caso de uso.

3) Qual a sua experiência com Desenvolvimento Distribuído de Software (DDS).

Eu **nunca** ouvi a respeito de DDS.

Já ouvi falar, mais nunca trabalhei com DDS.

Já li a respeito, mais nunca trabalhei com DDS.

Minha experiência com DDS é básica.

Questionário de Caracterização de Participantes em Estudo Experimental

Eu conheço os seguintes conceitos: DDS, modelo de negocio, características de DDS tais como (comunicação, distancia geográfica e temporal, e aproximação do mercado global). Porém não tenho experiência de trabalho nesse ambiente.

Minha experiência com DDS é moderada.

Eu conheço conceitos da opção anterior, além dos desafios técnicos, não técnicos e híbridos de DDS, benefícios da utilização da estratégia tais como (proximidade de mercado e acesso ao conhecimento local sobre os clientes). Embora possua pouca experiência de trabalho nesse ambiente.

Minha experiência com DDS é avançada.

Eu conheço os conceitos da opção anterior, já trabalhei com gerenciamento de equipes distribuídas e desenvolvimento de software nesse ambiente.

4) Qual a sua experiência com o processo de software.

Eu não **conheço** o processo de software.

Eu **conheço** o processo de software, especificamente as etapas de especificação de requisitos e projeto de sistemas.

Minha experiência com processo de software é básica.

Além da opção anterior, trabalho com a etapa de programação (codificação), como programador de sistemas informáticos.

Minha experiência com processo de software é moderada.

Eu conheço os conceitos da opção anterior, além da etapa de verificação e integração de sistemas, mais não possuo experiência desta no ambiente de DDS.

Minha experiência com processo de software é avançada.

Eu conheço os conceitos da opção anterior, além de experiência desta no ambiente de DDS.

Assinatura/ID do Participante	Local Data
	Maringá – Brasil 18.10.2012

Diagrama de caso de Uso Taxi Aéreo (AirTaxi)

O diagrama de caso de uso *AirTaxi*, é um modelo de caso de uso adaptado no LDDS – Laboratório de Desenvolvimento Distribuído de Software no Departamento de Informática da Universidade Estadual de Maringá (DIN-UEM), para apoiar o aprendizado e a experimentação da distribuição da primeira etapa do processo de software à equipes distribuídas a nível global. Apesar de não ser um diagrama de caso de uso comercial, a ilustração tem utilidade para a finalidade desejada no meio acadêmico.

A avaliação da distribuição inclui o artefato de caso de uso e os elementos que a compõem. Um dos elementos principais para medir o esforço envolvido na regra de negócio da etapa de especificação de requisitos é a estimativa de tamanho utilizando a técnica de análise de pontos por caso de uso técnico (TUCP) (Karner, 1993), para cada regra de negócio (RF - requisitos funcionais e RNF - requisitos não funcionais de sistema).

O artefato essencial para o experimento é: o diagrama de caso de uso que será apresentado a seguir:

- **Atores de caso de uso:** o diagrama de caso de uso *AirTaxi* apresenta os atores de caso de uso e as suas respectivas descrições. A figura 1 apresenta o modelo de caso de uso *AirTaxi*.
- **Sistema Cia Aérea** – ator responsável por executar as principais ações da transmissão de dados da aeronave para o sistema *AirTaxi* solicitado pelo ator Atendente.
- **Sistema de Bancos** – ator responsável por executar as operações de pagamento com cartão de débito no sistema *AirTaxi* solicitado pelo ator atendente.
- **Sistema Operadora Cartão** – ator responsável por executar as operações de pagamento com cartão de crédito no sistema *AirTaxi* solicitado pelo ator atendente.
- **Cliente** – ator responsável por registrar cliente e gerenciar as reservas do voo.
- **Atendente** – ator responsável por gerenciar a contratação da aeronave, efetuar pagamentos e registrar a baixa do retorno do voo.

Diagrama de caso de Uso Taxi Aéreo (AirTaxi)

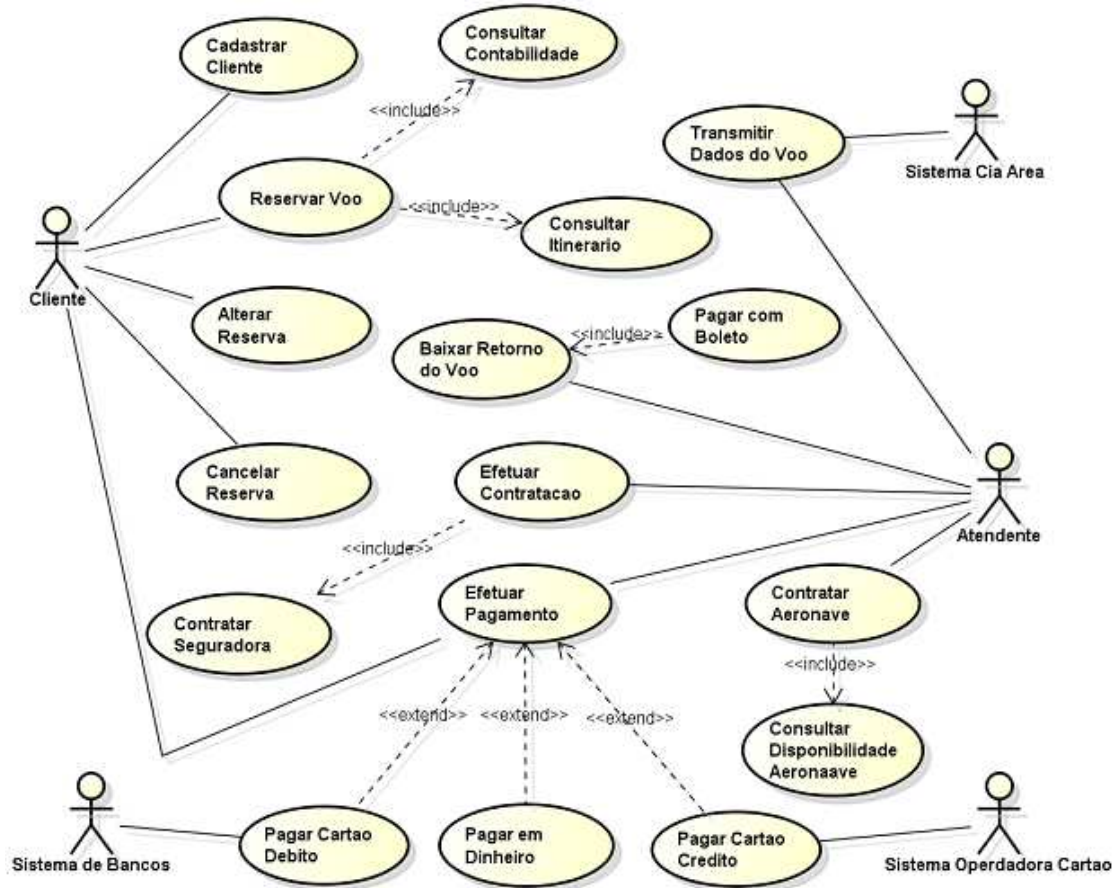


Figura 1. Modelo de caso de uso *AirTaxi*

- 1) **Cadastrar Cliente:** regista o cliente no sistema.
 - a) Ator seleciona a opção cadastrar cliente do Menu do sistema. O sistema pede para fornecer dados do cliente.
 - b) Ator informa os dados do cliente e pressiona o botão Ok para continuar. O sistema registra e retorna ao estado anterior.
- 2) **Reservar Voo:** registra a intenção da reserva do voo.
 - a) Ator requisita a reserva do voo. O sistema inicia a página de informação de voo (caso de uso consultar itinerário).
 - b) Ator vê uma lista de voos que correspondem aos critérios de pesquisa e seleciona a opção desejada.
 - c) Ator faz a reserva do voo. O sistema inicia a página de informação da contabilidade (caso de uso consultar contabilidade).
 - d) Ator efetua a reserva do valor para garantir a reserva do voo.
- 3) **Consultar Itinerário:** consultar o itinerário do voo.
 - a) Ator consulta o itinerário e, seleciona a opção desejada acionando o botão OK para continuar. O sistema registra o itinerário do voo para o cliente e retorna ao estado anterior.
- 4) **Consultar Contabilidade:** consulta de saldo para disponibilidade da reserva do voo.
 - a) Ator consulta o saldo a contabilidade para garantir a reserva. O sistema informa o saldo referente ao solicitado para o voo e retorna ao estado anterior.
- 5) **Alterar Reserva:** alterar o voo escolhido.
 - a) Ator seleciona a opção alterar voo no Menu da reserva. O sistema apresenta a caixa de diálogo para alterar ou sair da reserva.

Diagrama de caso de Uso Taxi Aéreo (AirTaxi)

- b) Ator altera o voo. O sistema salva e sai do Menu reserva.
- 6) **Cancelar Reserva:** cancelar a reserva do voo escolhido.
 - a) Ator seleciona a opção cancelar voo no Menu reserva. O sistema apresenta a caixa de dialogo para cancelar voo ou sair da reserva.
 - b) Ator cancela a reserva do voo. O sistema salva o cancelamento do voo pelo cliente e sai do Menu reserva.
- 7) **Transmitir Dados do Voo:** transmitir dados de voo.
 - a) Ator solicita dados do voo. O sistema cia aérea inicia a pagina dos dados do voo.
 - b) Ator vê uma lista dos dados do voo que corresponde ao critério de pesquisa e faz o registro, o sistema direciona para opção anterior.
- 8) **Baixar Retorno do Voo:** efetuar a baixa do retorno do voo.
 - a) Ator seleciona a opção baixar o retorno do voo. O sistema verifica a conformidade, e direciona para pagar com boleto (caso de uso).
 - b) Ator confirma o retorno do voo. O sistema retorna ao Menu inicial.
- 9) **Pagar com Boleto:** efetuar pagamento com boleto.
 - a) O sistema solicita o pagamento com boleto. O ator informa os dados do cliente e o sistema apresenta a caixa de dialogo para confirmar o pagamento ou sair do Menu pagar com boleto.
 - b) Ator seleciona confirmar pagamento. O sistema da baixa no pagamento e retorna a opção anterior.
- 10) **Efetuar Contratação:** efetuar contratação do voo
 - a) Ator solicita a contratação do voo. O sistema inicia a pagina de informação de consulta seguradora (caso de uso).
 - b) Ator efetua a contratação. O sistema registra a contratação e retorna ao Menu inicial.
- 11) **Consultar Seguradora:** consultar a seguradora para efeito de contrato do voo.
 - a) Ator verifica a disponibilidade da contratação do voo com a seguradora. O sistema informa os dados da seguradora e as condições de adesão.
 - b) Ator confirma os dados da seguradora. O sistema registra a seguradora para o contrato, e retorna ao Menu anterior.
- 12) **Contratar Aeronave:** contratar aeronave
 - a) Ator inicia a contratação da aeronave. O sistema solicita os dados da contratação e o documento da contratação contendo o termo da seguradora.
 - b) Ator informa os dados e pressiona Ok para continuar a operação.
 - c) O sistema direciona a pagina de informação consulta disponibilidade aeronave (caso de uso consultar disponibilidade)
 - d) Ator verifica a conformidade e pressiona o botão Ok para continuar. O sistema valida e salva a contratação e retorna ao Menu inicial.
- 13) **Consultar Disponibilidade Aeronave:** consultar a disponibilidade da aeronave.
 - a) O sistema consulta a disponibilidade da aeronave e retorna a informação ao Menu anterior.
- 14) **Efetuar Pagamento:** efetuar tipo de pagamento
 - a) Ator seleciona tipo de pagamento após contratar a aeronave. O sistema direciona para o tipo de pagamento (Caso de uso, cartão debito, em dinheiro ou cartão credito).
- 15) **Pagar Cartão Debito:** pagar com cartão de debito
 - a) Ator (Atendente) seleciona o pagamento com cartão de debito. O sistema inicia conexão com ator (Sistema Banco) para verificar disponibilidade.
 - b) Ator (Sistema Banco) informa dados bancários e o valor do pagamento.
 - c) Ator (Atendente) pressiona o botão Ok para continuar. O sistema valida a operação e retorna ao Menu inicial.
- 16) **Pagar em Dinheiro:** pagar em dinheiro
 - a) Ator (Atendente) seleciona o pagamento em dinheiro. O sistema informa os dados do cliente a preencher.

Diagrama de caso de Uso Taxi Aéreo (AirTaxi)

- b) O ator preenche os dados e efetua o pagamento e pressionando o botão Ok para continuar. O sistema regista o pagamento em dinheiro e retorna ao Menu inicial.
- 17) **Pagar Cartão Credito:** pagar com cartão de credito
- Ator (Atendente) seleciona o pagamento com cartão de credito. O sistema inicia a conexão com ator (Sistema Operadora Banco) para verificar disponibilidade.
 - Ator (Sistema Operadora Banco) informa dados bancários e o valor do pagamento.
 - Ator (Atendente) pressiona o botão Ok para continuar. O sistema valida a operação e retorna ao Menu inicial.

Regras de Negocio (RN) (RF – requisitos funcionais e RNF – requisitos não funcionais)

Os casos de uso são divididos em iterações que efetua o ciclo completo de desenvolvimento, porém dos itens geralmente selecionados. Esses casos de uso são divididos de acordo com o problema (ou problemas) que seleciona e também geralmente se utiliza alguns parâmetros para determinar a prioridade deles, relevância no negocio e risco de desenvolvimento sendo eles:

- **Registrar a reserva do voo (RF)** - regra de negocio responsável por garantir a reserva do voo;
- **Gerenciar a contratação da aeronave (RF)** - regra de negocio responsável pelo gerenciamento da contratação da aeronave;
- **Registrar a baixa do retorno do voo (RF)** - regra de negocio responsável baixar o retorno do voo e efetuar o pagamento com boleto; e
- **Efetuar pagamentos (RF)** - regra de responsável por efetuar pagamentos dos contratos

Identificação

Este projeto foi dividido e quatro (4) iterações contendo as regra de negocio, cada uma delas contemplando os casos de uso os quais deverei classificar para cada iteração com objetivo de gerar configurações distintas. Essas configurações serão classificadas de acordo a sua complexidade de realizar as regras de negocio atribuindo pesos conforme o documento da guia de classificação e pesos. A partir destes será gerado dados que possam ser coletados para analise de métricas.

Os participantes deverão escolher a ordem da classificação de cada iteração, uma iteração poderá repetir o caso de uso desde que a relevância do negocio e risco de desenvolvimento seja necessário formando assim uma **transição de caso de uso**, isto é, quando um caso de uso aparece em mais de uma iteração. Os casos de uso deverão ser classificados em numeração conforme a descrição acima.

Exemplo> Iteração x – caso de uso 2, 5, 6, 7...

Iteração y – caso de uso 6, 9, 10, 15...

Nota: No termino da classificação não devera sobrar casos de usos sem que sejam classificados na sua devida iteração.

O guia de classificações e pesos é descrito critérios para os atores, contagem de caso de uso, fatores de complexidade técnica (Ribu, 2001), fatores ambientais (Ribu, 2001), e fatores relacionados com a comunicação, assim como habilidades dos participantes (atores) sugerido por Anderson *et al.*, (1996).

1. Classificação dos Atores.

O peso total dos atores do sistema é calculado pela soma dos produtos dos atores de cada tipo pelo respectivo peso, UAW (*Unadjusted Actor Weight*), de acordo com os valores da Tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos Atores

Complexidade do Ator	Descrição Peso	(UAW)
Simples	Aplicação com APIs definidas	1
Médio	Aplicação com interface baseada em protocolo ou interação de usuário baseado em linhas de comandos	2
Complexo	Interação de usuário através de interface gráfica ou página Web	3

2. Classificação dos casos de uso.

Uma adaptação no cálculo dos pesos para os casos de uso complexos foi elaborada na Tabela 2, para refletir uma realidade já observada em várias organizações, quando se tratava da contagem de casos de uso complexos gerando-se assim o TUUCW (*Technical Unadjusted Use Case Points Weight*). E o PE corresponde ao percentual de esforço estimado para a realização das regras de negocio em mensuração

Tabela 2: Classificação dos casos de uso

Caso de Uso	Descrição	Peso (TUUCW) e PE (% Esforço Estimado)
Simples	até 3 transações incluindo os passos alternativos	5
Médio	de 4 a 7 transações incluindo os passos alternativos	10
Complexo	de 8 a t transações incluindo os passos alternativos	15
n-complexo	acima de t casos de uso	P_x

3. Fatores de complexidade técnica (TCF).

Os TCFs são exibidos na Tabela 3 com seus respectivos pesos. Podem receber notas que variam de 0 a 5, o valor 0 (zero) indicando que este item é irrelevante para o projeto, de pouca criticidade e baixa complexidade; o valor 1 indicando pouca influência para o projeto; o valor 2 indicando influência baixa e de criticidade simples, o valor 3 indicando influência para o projeto ; o valor 4 indicando influência media e de complexidade media para o projeto; e o valor 5 uma forte influência, alta criticidade e complexidade para o projeto.

Tabela 3: Fatores de complexidade técnica (RIBU, 2001).

Fator	Descrição	Peso
F1	Sistemas Distribuídos	2.0
F 2	Desempenho da Aplicação	1.0
F 3	Eficiência do Usuário Final (on-line)	1.0
F 4	Processamento Interno Complexo.	1.0
F 5	Reusabilidade do código em outras aplicações	1.0
F 6	Facilidade de Instalação	0.5
F 7	Usabilidade (facilidade operacional)	0.5
F 8	Portabilidade	2.0
F 9	Facilidade de Manutenção	1.0
F 10	Concorrência	1.0
F 11	Características especiais de segurança	1.0
F 12	Acesso direto para terceiros	1.0
F 13	Facilidades especiais de treinamento	1.0

4. Fatores Ambientais (EF).

Da mesma forma que fator técnico (TCF), o fator ambiental (EF) utiliza-se do mesmo mecanismo de peso, onde cada peso deve ser multiplicado pelo valor de 0 a 5. A Tabela 4 mostra os fatores ambientais previstos e seus respectivos pesos. Para os fatores de F1 a F4, 0 (zero) significa nenhuma experiência no assunto, 5 significa excelência no assunto, 1 conhecimento básico sobre o assunto, 2 conhecimento teórico sobre o assunto, 3 conhecimento mediano sobre o assunto e 4 conhecimento teórico e técnico sobre assunto. Para o fator 5, 0 (zero) significa nenhuma motivação, 1 indicando motivação baixa, 2 significa motivação moderada, 3 indicando motivação media, 4 significa motivação alta e 5 desmotivado totalmente.

Tabela 4: Fatores Ambientais (RIBU, 2001)

Fator	Descrição	Peso
F1	Familiaridade com o RUP ou outro processo formal	1.5
F2	Experiência com a aplicação em desenvolvimento	0.5
F3	Experiência com orientação a objeto	1
F4	Capacidade de análise	0.5
F5	Motivação	1
F6	Requerimentos estáveis	2
F7	Colaboradores de meio período	-1
F8	Dificuldade na linguagem de programação	-1

Para o fator F6, 0 (zero) significa requisitos instáveis, 5 imutáveis, 1 significa requisitos mutáveis, 2 significa requisitos ambíguos, 3 mudanças consideráveis e 4 poucas mudanças. Para o fator F7, 0 (zero) significa nenhum colaborador trabalha por meio período, 5 significa

Guia para Classificação e Pesos

que todos os colaboradores trabalham meio período, 3 significa que alguns colaboradores trabalham meio período, 1 significa que colaborador trabalha no tempo integral e faz horas extras e 2 significa que o colaborador trabalha no período integral e não faz horas extras no projeto. Para o fator F8, 0 (zero) significa uma linguagem com pouca ou nenhuma dificuldade de programação, 1 significa complexidade simples, 2 complexidade moderada, 3 significa uma complexidade média, 4 significa complexidade forte e dificuldade moderada e 5 uma alta complexidade e dificuldade. Para os fator de F2 a F3, 0 (zero) nenhuma experiência com desenvolvimento, o valor 1 indicando pouca experiência para desenvolvimento de projeto e orientação objetos, o valor 2 indicando experiência baixa e orientação objetos simples, o valor 3 experiência moderada de desenvolvimento e orientação objeto; o valor 4 indicando experiência de desenvolvimento em projetos de complexidade media e orientação objetos; e o valor 5 alta experiência de desenvolvimento e orientação objeto avançado.

5. Fatores relacionados com meio de Comunicação (FC).

Os FC são exibidos na Tabela 5 com seus respectivos pesos. Podem receber notas que variam de 1 a 3, o valor 1 (um) indicando que este item é **simples** e de baixa complexidade; o valor 2 indicando influência moderada, **médio**; e o valor 3 uma forte influência, **complexo**.

Tabela 5: Fatores relacionados com meios de comunicação

Tipo de comunicação	Fatores	Descrição	Peso
Síncrona	F1	Sistema de mensagens instantâneas	3
	F2	Videoconferências	4
	F3	Telefone	4
	F4	Bate papo (chat)	3
Assíncrona	F5	Correio eletrônico	4
	F6	Fórum	3
	F7	Rede de relacionamento	3
	F8	Blog	1
	F9	<i>Twitter</i>	2
	F10	Comunidade virtual	2
	F11	Lista de discussão	3

Documento para Preencher por Participante do Estudo Experimental

Id Participante (00)

UEM-BR

(assinale aquele que tiver de acordo com as características das regras de negócios)

Modelo de complexidade atores

Complexidade dos atores	Descrição	Assinale com X	Numero de atores
Simples	Aplicação com APIs definidas	[]	
Médio	Aplicação com interface baseada em protocolo ou interação de usuário baseado em linhas de comandos	[]	
Complexo	Interação de usuário através de interface gráfica ou página Web	[]	

Modelo de configuração de casos de uso por iteração

Iterações	Nome da iteração (regra de negocio)	Nº de caso de uso	Total de caso de uso por iteração
1ª iteração			
2ª iteração			
3ª iteração			
4ª iteração			

Documento para Preencher por Participante do Estudo Experimental

Modelo de configuração de fatores de complexidade técnica para realização da etapa de especificação de requisitos

Fator	Descrição	Selecionar Influencia para realização da etapa (Assinale com X)
F1	Sistemas Distribuídos	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F2	Desempenho da Aplicação	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F3	Eficiência do Usuário Final (on-line)	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F4	Processamento Interno Complexo.	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F5	Reusabilidade do código em outras aplicações	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F6	Facilidade de Instalação	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F7	Usabilidade (facilidade operacional)	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F8	Portabilidade	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F9	Facilidade de Manutenção	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F10	Concorrência	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F11	Características especiais de segurança	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F12	Acesso direto para terceiros	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F13	Facilidades especiais de treinamento	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5

Modelo de configuração de fatores ambientais para realização da etapa de especificação de requisitos

Fator	Descrição	Selecionar Influencia para realização da etapa (Assinale com X)
F1	Familiaridade com o RUP ou outro processo formal	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F2	Experiência com a aplicação em desenvolvimento	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F3	Experiência com orientação a objeto	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F4	Capacidade de análise	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F5	Motivação	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F6	Requerimentos estáveis	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F7	Colaboradores de meio período	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5
F8	Dificuldade na linguagem de programação	[] 0; [] 1; [] 2; [] 3; [] 4; [] 5

Documento para Preencher por Participante do Estudo Experimental

1. Considerando a sua experiência com casos de uso e documentação da etapa de especificação de requisitos, qual é o nível de influencia (NI) para configuração dos casos de uso para cada regra de negocio (iteração) tendo em consideração relevância de negocio e risco de desenvolvimento.

(Marque com X somente uma alternativa)

Nenhuma Influência	Mínima	Media	Significativa	Grande Influência

Documento para Preencher por Participante do Estudo Experimental

Id Participante (01)
UEM-BR

Partindo do pressuposto que os casos de uso estão na matriz sediada em Portugal, e os participantes recebem os casos de uso para sua classificação de acordo com o seu nível de distancia geográfica e temporal. Este primeiro item referente à classificação de distancia geográfica e temporal devera ser preenchida exclusivamente pelo gerente local, responsável pela orientação do experimento local com a equipe de participantes. Os restantes itens são de preenchimento comum.

Modelo para classificação da distancia geográfica e temporal da equipe em relação à matriz (Portugal)

Distancias geográfica e temporal em relação (matriz x equipe)			
Empresa matriz	Equipe (Participantes)	Distancia geográfica (Miles)	Distancia temporal (horas)
Portugal	UEM-BR	4080	4
Moçambique	UEM-BR	5711	5

Modelo de configuração de fatores relacionados com a comunicação para realização da etapa de especificação de requisitos

Tipo de comunicação	Fatores	Descrição	Selecionar Influencia para realização da etapa (Assinale com X)
Síncrona	F1	Sistema de mensagens instantâneas	[] 1- simples; [] 2- médio; [] 3- complexo
	F2	Videoconferências	[] 1- simples; [] 2- médio; [] 3- complexo
	F3	Telefone	[] 1- simples; [] 2- médio; [] 3- complexo
	T4	Bate papo (chat)	[] 1- simples; [] 2- médio; [] 3- complexo

Documento para Preencher por Participante do Estudo Experimental

Assíncrona	F5	Correio eletrônico	[] 1- simples; [] 2- médio; [] 3- complexo
	F6	Fórum	[] 1- simples; [] 2- médio; [] 3- complexo
	F7	Rede de relacionamento	[] 1- simples; [] 2- médio; [] 3- complexo
	F8	Blog	[] 1- simples; [] 2- médio; [] 3- complexo
	F9	<i>Twitter</i>	[] 1- simples; [] 2- médio; [] 3- complexo
	F10	Comunidade virtual	[] 1- simples; [] 2- médio; [] 3- complexo
	F11	Lista de discussão	[] 1- simples; [] 2- médio; [] 3- complexo

1. Considerando a sua experiência com casos de uso e documentação da etapa de especificação de requisitos, qual é o nível de influência (NI) para configuração dos fatores relacionados à comunicação tendo em conta a distância temporal para realização da especificação dos casos de uso e risco de desenvolvimento.

(Marque com X somente uma alternativa)

Nenhuma Influência	Mínima	Media	Significativa	Grande Influência