

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

MAICON GIOVANE PAZIN

**Estudos empíricos sobre a abordagem SMartySPEM para
gerência de variabilidades em linhas de processo de software**

Maringá

2017

MAICON GIOVANE PAZIN

**Estudos empíricos sobre a abordagem SMartySPeM para
gerência de variabilidades em linhas de processo 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.

Orientador: Prof. Dr. Edson A. Oliveira
Junior

Maringá
2017

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

P348e Pazin, Maicon Giovane
Estudos empíricos sobre a abordagem SMartySPEM para gerência de variabilidades em linhas de processo de software / Maicon Giovane Pazin. -- Maringá, 2017.
150 f. : il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Edson A. Oliveira Junior.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Informática, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 2017.

1. Engenharia de software - Estudos empíricos. 2. Gerenciamento de variabilidades. 3. Processos de software. 4. SMartySPEM. 5. vSPEM. I. Oliveira Junior, Edson A., orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia. Departamento de Informática. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. III. Título.

CDD 21.ed. 005.1

ECSL

FOLHA DE APROVAÇÃO

MAICON GIOVANE PAZIN

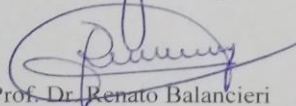
Estudos empíricos sobre a abordagem SMartySPeM para gerência de variabilidades em linhas de processo de software

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:

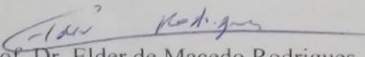
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Edson Alves de Oliveira Junior
Universidade Estadual de Maringá – DIN/UEM



Prof. Dr. Renato Balancieri
Universidade Estadual de Maringá – DIN/UEM



Prof. Dr. Elder de Macedo Rodrigues
Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA-Alegrete

Aprovada em: 03 de fevereiro de 2017.

Local da defesa: Sala 120, Bloco C56, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me permitir chegar até aqui, e por toda força concedida para concretização de mais uma etapa em minha vida, estimulando-me sempre a seguir em frente.

Dentre todos os agradecimentos, agradeço em primeiro lugar a quem me ajudou, de alguma maneira, a evoluir nesta área científica, como meu orientador, Prof. Dr. Edson A. Oliveira Junior, pelo estímulo à pesquisa e compartilhar tão sabiamente sua experiência e conhecimento, disponibilizando o tempo necessário para que os objetivos definidos pudessem ser cumpridos.

Agradeço aos membros da banca examinadora desta dissertação, o Prof. Dr. Renato Balancieri, o Prof. Dr. Elder de Macedo Rodrigues e também o Prof. Dr. Edson A. Oliveira Junior pelo tempo e empenho para a avaliação deste trabalho.

A meus pais, João Rinaldo Pazin e Maria José da Silva Pazin, pois de nada adiantaria minha caminhada se vocês não tivessem me ensinado os primeiros passos, no qual me mostraram a importância do estudo para tornar-me um melhor profissional e ser humano, obrigado por todo incentivo e dedicação em minha criação. Ao meu irmão Michel Gustavo Pazin e todos os familiares que sempre me apoiaram e entenderam meus momentos de ausência. A minha avó Rosalina Proença da Silva (in memoriam) por seu exemplo de vida e fortaleza de pessoa.

A minha querida esposa, Patrícia Tieme Nishimura Pazin, por ser tão importante em minha vida. Sempre ao meu lado, me apoiando, compartilhando meus ideais e incentivando-me a prosseguir. Devido a seu companheirismo, amizade, paciência, compreensão, apoio, alegria e amor, este trabalho pôde ser concretizado. Obrigado por ter feito do meu sonho o nosso sonho!

Agradeço aos diversos amigos que fizeram parte da minha vida nesses últimos anos. Foram momentos únicos de companheirismo, amizade, contribuições técnicas e aprendizagem mútua que ficarão guardados com carinho em minha mente.

Estudos empíricos sobre a abordagem SMartySPEM para gerência de variabilidades em linhas de processo de software

RESUMO

Assimilar a diversidade e a complexidade dos sistemas de software com a heterogeneidade das equipes de profissionais que desenvolvem esses sistemas sempre foi um dos grandes desafios enfrentados pela engenharia de software. Para isso, é necessária a definição, reutilização e melhoria constante de processos de software que organizem as tarefas diárias, auxiliando na melhoria da qualidade e aumentando a produtividade dessas equipes. Entretanto, a manutenção e reutilização de processos de software não é uma tarefa simples. Neste cenário, as linguagens de modelagem de processos de software são importantes, pois descrevem de maneira clara as atividades, tarefas, papéis, artefatos e ferramentas desses processos. Com o objetivo de gerenciar sistematicamente as variabilidades encontradas durante a manutenção e reutilização de processos de software, estudos recentes propõem técnicas e ferramentas baseadas em Linha de Processo de Software (LPrS). Embora essa área de pesquisa ainda não seja consolidada, diversas abordagens encontradas na literatura podem ser consideradas promissoras, como é o caso de SMartySPEM. Essa abordagem propõe um mecanismo para representação de variabilidades em LPrS. Ela é baseada no metamodelo *Software & System Process Engineering Metamodel* (SPEM) para modelagem de processos e em SMarty para auxiliar no gerenciamento de variabilidades. Esta dissertação apresenta um conjunto de estudos empíricos com o objetivo de avaliar a abordagem SMartySPEM, fornecendo evidências iniciais sobre a viabilidade e a efetividade do seu mecanismo de variabilidade. Para isso, adotou-se a Estratégia Explanatória Sequencial baseada em Métodos Mistos de pesquisa. Os resultados apresentam evidências relevantes sobre a viabilidade e efetividade de SMartySPEM, propõe a evolução de tal abordagem, além de novos insumos para trabalhos futuros relacionados a área de LPrS.

Palavras-chave: estudos empíricos, gerenciamento de variabilidades, processos de software, linha de processo de software, métodos mistos, SMarty, SPEM, SMartySPEM, vSPEM.

Empirical studies on the SMartySPEM approach for variability management in software process lines

ABSTRACT

Assimilating the diversity and complexity of software systems with the heterogeneity of professionals teams who develop such systems has always been one of the great challenges faced by software engineering. For this, it is necessary to define, reuse and constantly improve software processes that organize daily tasks, helping improve quality and increase the productivity of such teams. However, software processes maintaining and reusing is not a simple task. In this scenario, software process modeling languages (SPML) are important because they clearly describe the activities, tasks, roles, artifacts, and tools of these processes. In order to systematically manage the variability found during the maintenance and reuse of software processes, recent studies propose techniques and tools based on Software Process Line (SPrL). Although this research area is still not consolidated, several approaches found in the literature can be considered promising, as SMartySPEM. This approach proposes a mechanism to represent variability in SPrL. It is based on the SPEM metamodel for process modeling and on SMarty to aid in the management of variabilities. This work presents a set of empirical studies aimed at evaluating the SMartySPEM approach, providing initial evidence on the feasibility and effectiveness of its variability mechanism. For this, the Sequential Explanatory Strategy based on Mixed Methods of research was adopted. The results present relevant evidence on the feasibility and effectiveness of SMartySPEM, proposes the evolution of such an approach, as well as new artifacts for future work related to the SPrL area.

Keywords: empirical studies, variability management, software process, software process line, mixed-methods, SMarty, SPEM, SMartySPEM, vSPEM.

LISTA DE FIGURAS

Figura - 2.1	Relações e tecnologia base das linguagens existentes de modelagem de processo de software entre os anos 2000 e 2011 (García-Borgoñón et al., 2014).	21
Figura - 2.2	Linguagens de modelagem de processos de software encontradas entre os anos 2000 e 2017, adaptado de García-Borgoñón et al. (2014).	22
Figura - 2.3	Exemplo de modelagem da atividade <i>Define the System</i> associada com diferentes elementos de processo (OMG, 2008).	24
Figura - 2.4	Produtos de LPS e LPrS (Dias, 2015).	25
Figura - 2.5	Exemplo de pontos de variação e variantes (Aleixo, 2013).	26
Figura - 2.6	Modelando LPrS e derivando processos customizados baseados na abordagem <i>SMartySPEM</i> (OliveiraJr et al., 2013).	28
Figura - 2.7	O <i>SMartySPEMProfile</i> e seus estereótipos (OliveiraJr et al., 2013).	29
Figura - 2.8	Ícones do tipo task com marcações do <i>SMartySPEM</i>	31
Figura - 2.9	Fragmento de processo modelado com <i>SMartySPEM</i>	32
Figura - 2.10	Fragmento de processo derivado.	33
Figura - 2.11	Ícones de SPEM e o Conjunto de Ícones de Pontos de Variação e Variantes de <i>vSPEM</i> (Martínez-Ruiz et al., 2011b)	33
Figura - 2.12	Exemplo de Processo com Pontos de Variação (à esquerda) e Variantes Relacionadas (à direita) (Martínez-Ruiz et al., 2011b)	34
Figura - 2.13	Exemplo da Abordagem <i>vSPEM</i>	34
Figura - 2.14	Visão geral da estratégia explanatória sequencial. Adaptado de (Creswell e Vicki, 2006).	36
Figura - 2.15	Gráfico de radar com os resultados sobre as abordagens Composicional e Anotativa com relação aos critérios estabelecidos (Dias, 2015; Dias e OliveiraJr, 2016).	37
Figura - 2.16	Box Plots de Efetividade das Abordagens Anotativa e Composicional (Dias, 2015; Dias et al., 2016).	39
Figura - 3.1	Etapas do Estudo Empírico Quantitativo.	41
Figura - 3.2	Fragmentos de processo de software baseados no COMPETISOFT (Oktaba et al., 2008), modelados com <i>SMartySPEM</i> e <i>vSPEM</i>	44
Figura - 3.3	<i>Boxplot</i> da medida DIG_CORR.	50
Figura - 3.4	<i>Boxplot</i> da medida DIG_TIME.	50
Figura - 3.5	<i>Boxplot</i> da medida DIG_EFF.	51

Figura - 3.6	<i>Boxplot</i> da medida VME_CORR.	51
Figura - 3.7	<i>Boxplot</i> da medida VME_TIME.	52
Figura - 3.8	<i>Boxplot</i> da medida VME_EFF.	52
Figura - 3.9	Comparação das variáveis CORR, TIME e EFF	54
Figura - 4.1	Fase de Construção extraída do Processo de Desenvolvimento de Software definido no COMPETISOFT.	64
Figura - 4.2	Classificação de trechos de respostas para as abordagens <i>SMartySPEM</i> e <i>vSPEM</i>	67
Figura - 4.3	Gráfico de radar com os resultados sobre as abordagens <i>SMartySPEM</i> e <i>vSPEM</i> com relação aos <i>codes</i> classificados na categoria Totalmente Utilizável.	68
Figura - 5.1	<i>SMartySPEMProfile</i> refinado com seus estereótipos.	77
Figura - 5.2	Fragmento de processo modelado com <i>SMartySPEM</i>	78
Figura - 5.3	Fragmento de processo modelado com <i>SMartySPEM</i> após refinamento.	78
Figura - 5.4	LPrS baseada no SCRUM para a Abordagem Anotativa (Dias, 2015).	80
Figura - 5.5	<i>SMartySPEMProfile</i> com os novos elementos <i>Guidance</i> , <i>Metric</i> e <i>ToolDefinition</i>	81
Figura - 5.6	Ícones <i>Guidance</i> e <i>Metric</i> com base no <i>SMartySPEM</i>	82
Figura - 5.7	Ícones <i>ToolDefinition</i> com base no <i>SMartySPEM</i>	83
Figura - 5.8	Exemplo com o elemento <i>Metric</i>	85
Figura - 5.9	Exemplo com o elemento <i>ToolDefinition</i>	86
Figura - 5.10	Exemplo de ponto de variação com o elemento <i>ToolDefinition</i>	87
Figura - 1.1	Estudos obtidos e selecionados por base de pesquisa.	108
Figura - 1.2	Resultados da avaliação da qualidade dos estudos.	109
Figura - 1.3	LMPS selecionadas e organizadas pelo ano da publicação e pela tecnologia base.	110
Figura - 2.1	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) assinados pelos participantes do estudo.	117
Figura - 2.2	Página 1 do Questionário de Caracterização de Participante.	118
Figura - 2.3	Página 2 do Questionário de Caracterização de Participante.	119
Figura - 2.4	Página 1 do Documento de Tarefas A1.	120
Figura - 2.5	Página 2 do Documento de Tarefas A1.	121

Figura - 2.6	Página 3 do Documento de Tarefas A1.	122
Figura - 2.7	Página 4 do Documento de Tarefas A1.	123
Figura - 2.8	Página 5 do Documento de Tarefas A1.	124
Figura - 2.9	Página 6 do Documento de Tarefas A1.	125
Figura - 2.10	Página 7 do Documento de Tarefas A1.	126
Figura - 2.11	Página 8 do Documento de Tarefas A1.	127
Figura - 2.12	Página 1 do Documento de Tarefas A2.	128
Figura - 2.13	Página 2 do Documento de Tarefas A2.	129
Figura - 2.14	Página 3 do Documento de Tarefas A2.	130
Figura - 2.15	Página 4 do Documento de Tarefas A2.	131
Figura - 2.16	Página 5 do Documento de Tarefas A2.	132
Figura - 2.17	Página 6 do Documento de Tarefas A2.	133
Figura - 2.18	Página 7 do Documento de Tarefas A2.	134
Figura - 2.19	Página 8 do Documento de Tarefas A2.	135

LISTA DE TABELAS

Tabela - 2.1	Principais ícones e estereótipos para representação de elementos de processos com SPEM v2.0 (OMG, 2008)	23
Tabela - 3.1	Dados de Caracterização Detalhados dos Participantes do Estudo.	43
Tabela - 3.2	Valores observados em relação aos participantes do estudo.	49
Tabela - 3.3	Valores observados em relação aos participantes do estudo (continuação).	49
Tabela - 3.4	Estatística descritiva da compreensão dos diagramas (TIME dividido por 20 e EFF multiplicado por 100)	52
Tabela - 3.5	Estatística descritiva da compreensão dos mecanismos de variabilidade	53
Tabela - 3.6	Teste de Normalidade para a Compreensão de Diagramas	55
Tabela - 3.7	Teste de Normalidade para a Compreensão dos Mecanismos de Variabilidade	55
Tabela - 3.8	Teste <i>Mann-Whitney U</i> para a Compreensão de Diagramas	56
Tabela - 3.9	Teste <i>Mann-Whitney U</i> para a Compreensão dos Mecanismos de Variabilidade	56
Tabela - 4.1	Dados de Caracterização dos Especialistas.	63
Tabela - 1.1	Fases da seleção dos estudos	106
Tabela - 1.2	Critérios de inclusão e exclusão por fase	106
Tabela - 1.3	Questionário de avaliação da qualidade	107
Tabela - 1.4	Estudos incluídos e excluídos por fase.	108
Tabela - 1.5	Relação entre as LMPS e a tecnologia base de cada estudo selecionado em García-Borgoñón et al. (2014).	111
Tabela - 1.6	Relação entre as LMPS e a tecnologia base de cada proposta.	112
Tabela - 1.7	Limitações e trabalhos futuros do estudos selecionados.	112
Tabela - 1.8	Limitações e trabalhos futuros do estudos selecionados.	113

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CVL: *Common Variability Language*

EPF: *Eclipse Process Framework*

GQM: *Goal-Question-Metric*

LMPS: Linguagens de Modelagem de Processo de Software

LPS: Linha de Produto de Software

LPrS: Linha de Processo de Software

OMG: *Object Management Group*

RSL: Revisão Sistemática de Literatura

SMarty: *Stereotype-based Management of Variability*

SMartySPeM: *Stereotype-based Management of Variability for SPeM*

SPeM: *Software and Systems Process Engineering Metamodel Specification*

TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UML: *Unified Modeling Language*

SUMÁRIO

1	Introdução	14
1.1	Contextualização	14
1.2	Motivação	15
1.3	Objetivos	16
1.4	Metodologia de Desenvolvimento	17
1.5	Organização do Trabalho	18
2	Fundamentação Teórica	19
2.1	Considerações Iniciais	19
2.2	Linguagens de Modelagem de Processos de Software e SPEM	20
2.3	Linha de Processo de Software e Gerência de Variabilidades	24
2.4	A Abordagem SMartySPEM	27
2.5	A Abordagem vSPEM	32
2.6	Estudos Empíricos e Métodos Mistos	35
2.7	Estudos Preliminares de SMartySPEM	36
2.8	Considerações Finais	38
3	Estudo Quantitativo de SMartySPEM	40
3.1	Considerações Iniciais	40
3.2	Definição do Estudo	41
3.3	Planejamento do Estudo	41
3.4	Execução do Estudo	47
3.5	Análise e Interpretação dos Resultados	48
3.5.1	Dados Coletados e Estatística Descritiva	48
3.5.2	Teste de Normalidade e de Hipótese	54
3.6	Avaliação de Validade do Estudo	57
3.6.1	Ameaças à Validade Interna	57
3.6.2	Ameaças à Validade Externa	57
3.6.3	Ameaças à Validade de <i>Constructo</i>	57
3.6.4	Ameaças à Validade de Conclusão	58
3.7	Considerações Finais	58
4	Estudo Qualitativo de SMartySPEM	60
4.1	Considerações Iniciais	60
4.2	Definição do Estudo	61

4.3	Planejamento do Estudo	62
4.4	Execução do Estudo	66
4.5	Análise e Interpretação dos Resultados	67
4.5.1	Gerência Sistemática de Variabilidade	69
4.5.2	Modularidade	69
4.5.3	Rastreabilidade	70
4.5.4	Detecção de Erros	71
4.5.5	Granularidade	71
4.5.6	Adoção	72
4.6	Avaliação de Validade do Estudo	73
4.6.1	Ameaças à Validade Interna	73
4.6.2	Ameaças à Validade Externa	73
4.6.3	Ameaças à Validade de <i>Constructo</i>	73
4.6.4	Ameaças à Validade de Conclusão	74
4.7	Considerações Finais	74
5	Proposta de Evolução de SMartySPEM	75
5.1	Considerações Iniciais	75
5.2	Melhorias Imediatas	75
5.2.1	Complexidade de Diagramas	75
5.2.2	Novos Elementos	79
5.2.3	Diretrizes de SMartySPEM	83
5.2.4	Exemplo de Modelagem	85
5.3	Melhorias em Longo Prazo	86
5.4	Considerações Finais	88
6	Conclusão	90
6.1	Contribuições	91
6.2	Limitações	92
6.3	Trabalhos Futuros	93
	REFERÊNCIAS	94
A	Apêndice A - Linguagens de Modelagem de Processos de Software: Uma Revisão Sistemática de Literatura	104
A.1	Introdução	104
A.2	Metodologia	104

A.2.1	Questões de Pesquisa	105
A.2.2	Estratégia de Pesquisa	105
A.2.3	Seleção dos Estudos e Critérios de Inclusão e Exclusão	106
A.2.4	Avaliação da Qualidade dos Estudos	106
A.3	Resultados	107
A.3.1	Resultados da Pesquisa	107
A.3.2	Avaliação da Qualidade	108
A.4	Discussão	109
A.4.1	Quais linguagens de modelagem de processos de software têm sido definidas?	109
A.4.2	Qual é a tendência atual para selecionar a tecnologia base para definir uma LMPS?	110
A.4.3	Quais são as limitações da pesquisa atual?	112
A.5	Ameaças à Validade	113
A.6	Conclusão	114
B	Apêndice B - Instrumentos do Estudo Quantitativo	115
B.1	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	115
B.2	Questionário de Caracterização dos Participantes	115
B.3	Documentos com as Tarefas do Estudo	115
B.3.1	Documento A1	116
B.3.2	Documento A2	116
C	Apêndice C - Respostas dos Especialistas do Estudo Qualitativo	136
C.1	Respostas da Abordagem SMartySPEM	136
C.2	Respostas da Abordagem vSPEM	143

Introdução

1.1 Contextualização

Nos dias de hoje, os sistemas de software são complexos e interconectados. Eles devem ser projetados e desenvolvidos por equipes de profissionais para diferentes disciplinas, domínios, descrição e linguagens de programação (Leon e Shrestha, 2016). Além disso, existe uma demanda crescente por uma grande variedade de sistemas de software, voltados para as mais diversas plataformas, com diferentes níveis de complexidade, e que atendam aos mais diversos propósitos (Aleixo et al., 2010b). Neste cenário, a engenharia de software moderna tem enfrentado diversos desafios em busca de técnicas e ferramentas para o desenvolvimento de sistemas de software que acompanhem os avanços tecnológicos.

Muitas empresas têm buscado na melhoria do processo de software uma forma de aumentar a qualidade e acelerar o desenvolvimento dos seus produtos. Nesse contexto, as Linguagens de Modelagem de Processos de Software (LMPS) podem apoiar na melhoria da qualidade de processos de software descrevendo de maneira clara atividades, tarefas, papéis e artefatos. Segundo García-Borgoñón et al. (2014), linguagens de modelagem de processos de software são uma importante forma de descrever e gerenciar processos de software em organizações de software intensivo.

O *Software & System Process Engineering Metamodel* (SPEM)¹ é uma notação padrão do *Object Management Group* (OMG) para a modelagem de processos de desenvolvimento de software e seus componentes. SPEM é o metamodelo base mais utilizado na literatura para a concepção de linguagens de modelagem de processos de software (García-Borgoñón

¹Disponível em <http://www.omg.org/spec/SPEM>

et al., 2014). Diversos estudos (Aoussat et al., 2011; Bendraou et al., 2007; Combemale et al., 2006; Ellner et al., 2010; Koudri e Champeau, 2010; Martínez-Ruiz et al., 2008; Washizaki, 2006) utilizam SPEM como base para propor novas linguagens como o eSPEM (Ellner et al., 2010), vSPEM (Martínez-Ruiz et al., 2011a,b) e MODAL (Koudri e Champeau, 2010). Essas linguagens estendem SPEM para os mais diversos objetivos como, por exemplo, representar similaridades e variabilidades em Linhas de Processo de Software (LPrS).

LPrS se refere à uma família de processos com um conjunto gerenciado de características que satisfazem necessidades específicas de uma organização e que são desenvolvidos a partir de um conjunto de processos básicos comuns (Armbrust et al., 2009). Assim como na abordagem de Linha de Produto de Software (LPS) (Capilla et al., 2013), é necessário identificar as similaridades e gerenciar as variabilidades, porém em elementos de processos. Entre os objetivos na adoção de LPrS estão o aumento da previsibilidade, a redução de custo, a redução do tempo e a redução de riscos por meio da reutilização de elementos de processos de software (Carvalho et al., 2014; Rombach, 2005).

Ao longo dos anos, diversos conceitos, técnicas e ferramentas de LPS têm sido adotadas para a área de LPrS. A abordagem *SMarty* (Marcolino et al., 2014a,b, 2013; OliveiraJr et al., 2010) para gerência de variabilidades em LPS, por exemplo, foi utilizada como base para definir o mecanismo de variabilidade da abordagem *Stereotype-based Management of Variability for SPEM (SMartySPEM)* (OliveiraJr et al., 2013) para LPrS. *SMartySPEM* têm se mostrado promissora, conforme apontam as evidências preliminares fornecidas por Dias et al. (2016) e Dias e OliveiraJr (2016).

1.2 Motivação

Embora existam na literatura evidências positivas sobre os benefícios de LPrS aplicadas na indústria e academia, essa área de pesquisa ainda é considerada imatura (Carvalho et al., 2014). Existe um número reduzido de trabalhos que apresentam estudos comparativos para identificar as vantagens e desvantagens entre as abordagens e trabalhos relacionados. Entre os estudos existentes na literatura, Dias et al. (2016) e Dias e OliveiraJr (2016) apresentam uma comparação entre duas abordagens que auxiliam na representação de LPrS de forma anotativa e composicional. Para isso, foram utilizadas as abordagens *SMartySPEM* e *Eclipse Process Framework (EPF)*², respectivamente, com o objetivo de avaliar dados qualitativos e quantitativos com base em um estudo que seguiu a Estratégia

²<https://eclipse.org/epf/>

Exploratória Sequencial de pesquisa baseada em Métodos Mistos (Creswell, 2014; Creswell e Vicki, 2006). Antes disso, Aleixo et al. (2013) já haviam apresentado um estudo quantitativo comparando EPF com a abordagem anotativa *GenArch-P* (Aleixo et al., 2010a; Freire et al., 2011). Nesse estudo, *GenArch-P* apresentou melhores resultados em termos de tamanho e complexidade, enquanto que EPF apresentou melhores resultados para o atributo modularidade para especificações de LPrS.

Considerando a necessidade do mercado por técnicas e ferramentas para realizar a gerência de variabilidades em LPrS (Carvalho et al., 2014), OliveiraJr et al. (2013) propõem *SMartySPEM* como uma abordagem anotativa para modelar LPrSs baseadas no metamodelo do SPEM. *SMartySPEM* busca solucionar algumas limitações encontradas em abordagens existentes para gerência de variabilidades em LPrS. Entre as abordagens relacionadas está o *vSPEM* (Martínez-Ruiz et al., 2008), que propõe um mecanismo para representação de variabilidades em famílias de processos de software modeladas com o SPEM v2.0, mas que não possui suporte como, por exemplo, a elementos de processos opcionais, inclusivos e restrições entre variantes podendo causar inconsistências na customização de processos.

Apesar de *SMartySPEM* já ter sido avaliada empiricamente com relação a abordagem composicional representada por EPF (Dias e OliveiraJr, 2016; Dias et al., 2016) e se mostrado promissora, *SMartySPEM* carece de uma comparação com uma abordagem anotativa como sugerido em Martínez-Ruiz et al. (2011b), que avalia o mecanismo de variabilidade de *vSPEM* em relação ao *SPEM*.

SMartySPEM carece de estudos empíricos que possam avaliar a viabilidade e a efetividade do seu mecanismo de variabilidade. Tal avaliação foi, dessa forma, inspirada em Martínez-Ruiz et al. (2011b), considerando a abordagem *vSPEM*. Os resultados contribuem significativamente para a evolução de *SMartySPEM*, considerando, principalmente, a gerência de variabilidades em LPrS.

1.3 Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo geral avaliar a abordagem *SMartySPEM*, por meio de estudos empíricos, com o objetivo de fornecer evidências sobre a viabilidade e a efetividade de seu mecanismo para representação de variabilidades em LPrS modeladas com base em *SPEM*.

Como objetivos específicos, tem se:

- planejar e conduzir um estudo empírico quantitativo com base na Estratégia Explanatória Sequencial;
- planejar e conduzir um estudo empírico qualitativo complementando a Estratégia Explanatória Sequencial adotada nesta dissertação; e
- interpretar os resultados dos estudos quantitativo e qualitativo de forma a identificar possíveis pontos de evolução para *SMartySPEM*.

1.4 Metodologia de Desenvolvimento

As abordagens teórica e empírica foram utilizadas para desenvolvimento desta dissertação. Inicialmente, uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) foi realizada para analisar o estado da arte das linguagens de modelagem de processos de software, complementando o estudo secundário de García-Borgoñón et al. (2014). Os resultados foram importantes para apresentar a importância de linguagens baseadas em SPEM. Os resultados são apresentados no Apêndice A. Em seguida, dois estudos empíricos (Capítulos 3 e 4) foram conduzidos fornecendo dados quantitativos e qualitativos, respectivamente, sobre as abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM*. A escolha por *vSPEM* é justificada na Seção 2.2. Para conduzir os estudos empíricos, foi adotada a Estratégia Explanatória Sequencial baseada em Métodos Mistos (Creswell, 2014; Creswell e Vicki, 2006).

A seguir é apresentada uma breve descrição das etapas da metodologia aplicadas à esta pesquisa:

- **Revisão Bibliográfica:** foram identificadas as tecnologias base para definição das linguagens de modelagem de processos de software, os problemas endereçados e as motivações dos estudos;
- **Estudo Empírico Quantitativo:** foi planejado e conduzido um estudo empírico quantitativo visando obter um corpo de conhecimento a respeito das abordagens anotativas *SMartySPEM* e *vSPEM*. Para tanto, optou-se pela Estratégia Explanatória Sequencial para que o estudo quantitativo corroborasse os resultados obtidos por Dias e Oliveira Jr (2016) e Dias et al. (2016).
- **Estudo Empírico Qualitativo:** baseado nos resultados obtidos no estudo quantitativo, foi planejado e conduzido um estudo empírico qualitativo com o objetivo de avaliar as abordagens anotativas *SMartySPEM* e *vSPEM*. Os seguintes critérios

foram considerados neste estudo: gerência sistemática de variabilidades, modularidade, rastreabilidade, detecção de erros, granularidade e adoção. Este estudo se baseia em procedimentos de *Grounded Theory* como *Coding*, complementando a Estratégia Explanatória Sequencial baseada em Métodos Mistos;

- **Aprimoramento de *SMartySPEM*:** uma evolução de *SMartySPEM* foi proposta após a identificação de possíveis pontos de melhoria ao analisar e interpretar os resultados obtidos nos estudos empíricos quantitativo e qualitativo. Foram propostas melhorias com o objetivo de diminuir a complexidade de diagramas modelados com *SMartySPEM*, além da inclusão de elementos ao perfil de *SMartySPEM*;
- **Redação:** foi realizada a escrita e submissão de artigos sobre as evidências empíricas identificadas nos estudos realizados, com respeito a gerência sistemática de variabilidade em processo de software, além da redação desta dissertação.

1.5 Organização do Trabalho

Esta dissertação está estruturada da seguinte forma: o Captítulo 2 apresenta a fundamentação teórica sobre linguagens para modelagem de processo de software e SPEM, linha de processo de software, gerência de variabilidades, a descrição das abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM*, e Métodos Mistos de pesquisa; o Captítulo 3 apresenta um estudo quantitativo comparando *SMartySPEM* e *vSPEM*; o Captítulo 4 apresenta um estudo qualitativo que analisa as características de Gerência Sistemática de Variabilidade, Adoção, Detecção de Erros, Granularidade, Modularidade e Rastreabilidade dessas abordagens.; o Captítulo 5 analisa os resultados obtidos e propõe um plano de evolução para *SMartySPEM* com base em tais resultados; e o Captítulo 6 apresenta as contribuições desta dissertação, as limitações e os trabalhos futuros.

Fundamentação Teórica

2.1 Considerações Iniciais

Este capítulo apresenta conceitos importantes para o desenvolvimento desta dissertação como, por exemplo, Linhas de Processo de Software (LPrS) e Gerência Sistemática de Variabilidade. Para avaliar a abordagem *SMartySPEM*, foi necessário identificar as principais linguagens de modelagem de processos de software existentes. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática de literatura que complementou o estudo de García-Borgoñón et al. (2014). A revisão é apresentada no Apêndice A e resumida neste capítulo.

Várias abordagens para auxiliar na gerência sistemática de variabilidades em LPrS têm sido propostas ou definidas usando principalmente as abordagens anotativa e composicional (Dias, 2015). A abordagem anotativa provê o uso de diretivas de pré-processamento para anotar os trechos de código associados à uma determinada *feature* em LPS (Kästner e Apel, 2008). No contexto de LPrS, as anotações podem ser aplicadas a elementos de processos como no uso de estereótipos UML. A abordagem composicional permite a modularização das *features* em LPS. A geração de produtos ocorre por meio da seleção e composição de módulos que implementam essas *features*. No contexto de LPrS, essas *features* podem ser apresentadas, por exemplo, como as atividades de processos de software. Utilizando ferramentas como o EPF Composer¹, é possível modularizar processos do software para realizar a derivação desses processos ao selecionar os componentes desejados.

¹<https://projects.eclipse.org/projects/technology.epf>

Entre as abordagens avaliadas, *SMartySPEM* e *vSPEM* são duas linguagens anotativas que propõem mecanismos de variabilidade para o metamodelo SPEM, sendo esta a tecnologia base para essas abordagens. A avaliação proposta foi conduzida utilizando a Estratégia Explanatória Sequencial, baseada em Métodos Mistos.

2.2 Linguagens de Modelagem de Processos de Software e SPEM

De acordo com Jacobson et al. (1999), um processo define quem está fazendo o que, quando e como para alcançar certo objetivo. Na engenharia de software o objetivo é construir um produto de software ou alterar um produto já existente. Além disso, para um processo ser efetivo, ele deve fornecer diretrizes para o eficiente desenvolvimento de software de qualidade.

Desde os anos de 1980, a comunidade de software tem mostrado um aumento de interesse em encontrar melhores formas para descrever processos de software para ser compreendido e institucionalizado dentro das organizações, se tornando um importante tópico de pesquisa da comunidade (García-Borgoñón et al., 2014). Nesse contexto, as LMPS podem apoiar na melhoria da qualidade de processos de software descrevendo de maneira clara atividades, tarefas, papéis e artefatos.

Segundo García-Borgoñón et al. (2014), linguagens de modelagem de processos de software têm sido criadas a partir de diferentes origens, tais como linguagens baseadas em programação, linguagens baseadas em redes de Petri ou linguagens baseadas em regras. A literatura recente oferece algumas possibilidades, tais como a UML, como busca por uma padronização.

A Figura - 2.1 apresenta uma relação de linguagens de modelagem de processos de software encontradas na literatura entre os anos 2000 e 2011, resultado de um estudo secundário realizado por García-Borgoñón et al. (2014). As setas que relacionam diferentes linguagens apontam as linguagens que foram criadas ao longo dos anos baseadas em outras tecnologias, as quais são as origens das setas. As linguagens com o fundo preenchido são baseadas na UML. Em seu estudo García-Borgoñón et al. (2014), apresenta os diversos problemas endereçados e os objetivos que levaram a criação de cada uma dessas linguagens. A linguagem *vSPEM*, por exemplo, foi criada como uma extensão direta do metamodelo SPEM v2.0, e tem como proposta representar variabilidades em modelos de processo de software baseados no SPEM. O conceito de variabilidade será tratado nas próximas seções.

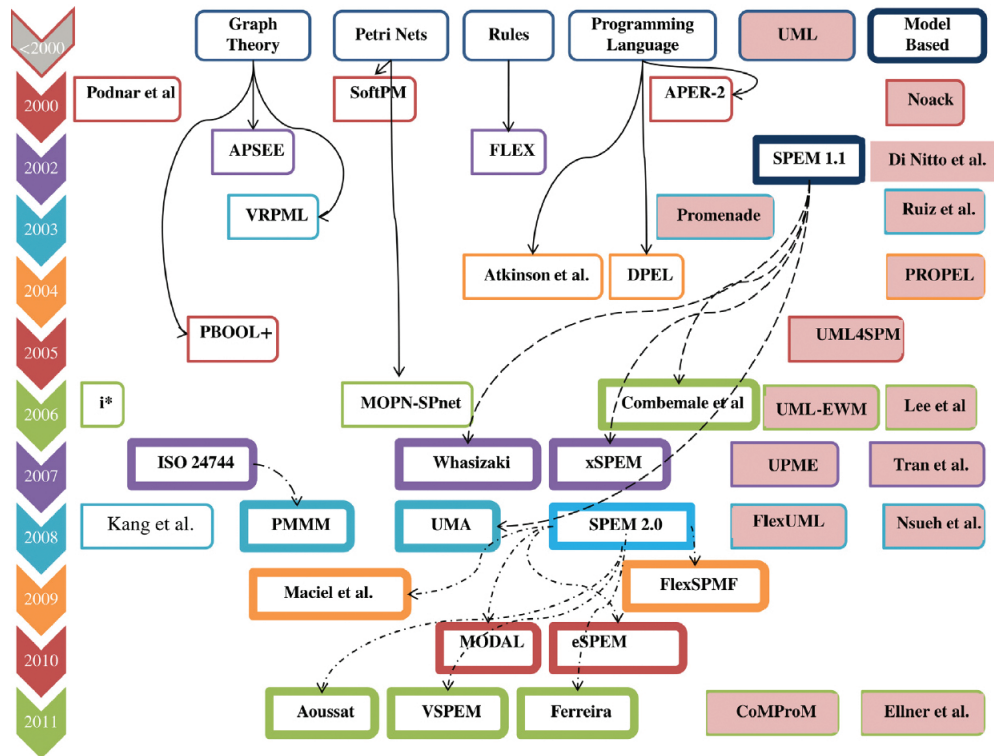


Figura 2.1: Relações e tecnologia base das linguagens existentes de modelagem de processo de software entre os anos 2000 e 2011 (García-Borgoñón et al., 2014).

A Figura - 2.2 apresenta os resultados de uma atualização do estudo de García-Borgoñón et al. (2014) (Apêndice A) que fez parte desta dissertação. Entre as LMPS consideradas relevantes, 4 estudos foram publicados no ano de 2012 (Baojun, 2012; Golra e Dagnat, 2012; Kedji et al., 2012; Rouillé et al., 2012), 3 estudos no ano de 2013 (Falbo et al., 2013; Kerzazi et al., 2013; OliveiraJr et al., 2013), 1 estudo no ano de 2015 (Pillat et al., 2015), 3 estudos no ano de 2016 (Alajrami et al., 2016; Jakjoud et al., 2016; Pícha e Brada, 2016) e 1 estudo no ano de 2017 (Ruiz et al., 2017). Com isso, foi possível apresentar o estado da arte das LMPS definidas após o ano 2000.

Conforme apresentado na Figura - 2.2, o metamodelo *Software and Systems Engineering Metamodel* (SPEM) está entre as principais tecnologias existentes para modelagem de processos de software, o qual é padronizado pelo *Object Management Group* (OMG). O SPEM suporta a modelagem, apresentação, gerenciamento, intercâmbio e definição de métodos e processos de desenvolvimento de software. Entretanto, o SPEM não tem como objetivo ser uma linguagem de modelagem de processo genérica, nem fornecer conceitos sobre o comportamento dos processos (OMG, 2008). Por outro lado, diversos estudos

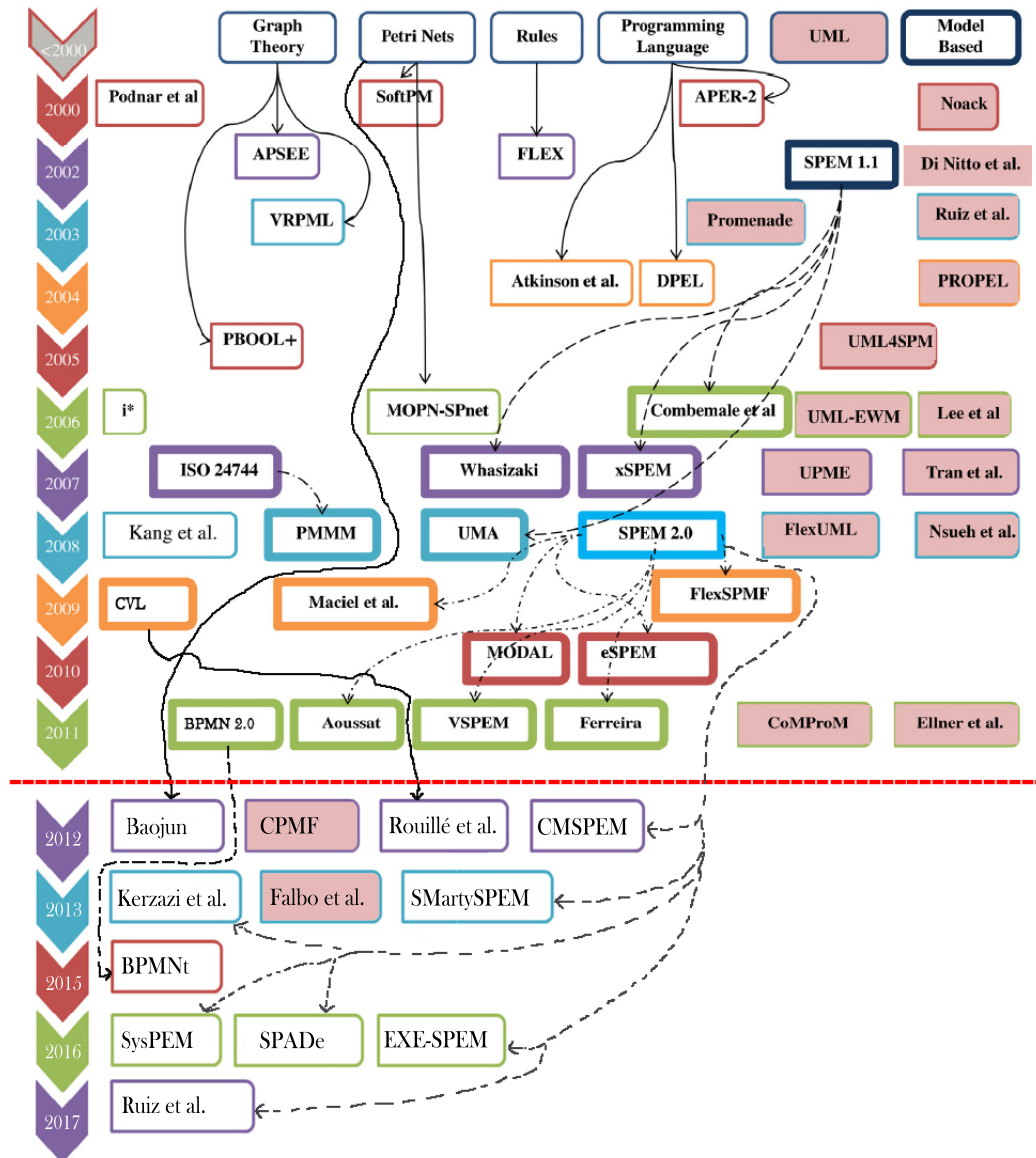







Figura 2.2: Linguagens de modelagem de processos de software encontradas entre os anos 2000 e 2017, adaptado de García-Borgoñón et al. (2014).

(Aoussat et al., 2011; Bendraou et al., 2007; Combemale et al., 2006; Ellner et al., 2010; Kerzazi et al., 2013; Koudri e Champeau, 2010; Martínez-Ruiz et al., 2008; Oliveira Jr et al., 2013; Washizaki, 2006) adotam SPEM como base para propor novas linguagens para modelagem de processos de software como vSPEM (Martínez-Ruiz et al., 2008, 2011b), *eSPEM* (Ellner et al., 2010), *MODAL* (Koudri e Champeau, 2010) e *SMartySPEM* (Oliveira Jr et al., 2013).

A especificação da versão 2.0 do SPEM é dividida em duas partes (OMG, 2008):

- O SPEM v2.0 *Meta-model*, que define todas as regras de estruturação, especificadas como um modelo *Meta-Object Facility* (MOF) e reutiliza algumas classes fundamentais da UML 2, além de definir a notação de diagramas de processo específicos;
- O perfil do SPEM v2.0, que define um conjunto de estereótipos (Tabela - 2.1) da UML 2. Tal definição abrange apenas sua representação, tornando-se dependente do SPEM 2.0 *Meta-model* para as declarações semânticas e de restrições.

Tabela 2.1: Principais ícones e estereótipos para representação de elementos de processos com SPEM v2.0 (OMG, 2008)

Ícone	Estereótipo	Descrição
	<i>Activity</i>	Representa um grupo de elementos, tais como os elementos Atividade, Uso da Tarefa, Uso do Papel e Uso do Produto de Trabalho.
	<i>TaskUse</i>	Representa uma tarefa a ser realizada por um papel.
	<i>Step</i>	Representa um passo para realizar uma tarefa.
	<i>WorkProductUse</i>	Representa um artefato produzido ou utilizado no contexto de uma tarefa ou atividade.
	<i>RoleUse</i>	Representa um papel responsável por uma ou mais tarefas ou atividades.

O principal objetivo do SPEM v2.0 é ser capaz de manter e apoiar uma ampla gama de fragmentos de métodos e processos de diferentes estilos, cenários, níveis de formalidade, modelos de ciclo de vida e comunidades para desenvolvimento de projetos (Benedicto et al., 2010). O perfil UML do SPEM v2.0 facilita a modelagem de elementos de processos em ferramentas UML. Os estereótipos definidos por esse perfil são aplicados em elementos da UML, representando elementos comuns de processos de software.

O SPEM define um conjunto de ícones para representação dos elementos de processos mapeados pelos estereótipos do seu perfil UML. A Tabela - 2.1 apresenta os principais ícones para representação dos elementos de processo, seus respectivos estereótipos e as descrições de cada opção listada.

A Figura - 2.3 apresenta um fragmento de processo representado por ícones do SPEM. O diagrama mostra como uma atividade de processo nomeada *Define the System* é

composta de outros elementos de processo, sendo duas tarefas, **Find Actors and Use Cases** e **Develop Vision**, dois produtos de trabalho gerados pelas tarefas, **Use Case Model** e **Vision**, e um papel, **System Analyst**, responsável por executar as tarefas listadas. Note que, além da atividade **Define the System**, existe outra atividade nomeada **Understand Stakeholder Needs** que deve ser executada previamente, indicado pela dependência com estereótipo `<<predecessor>>`.

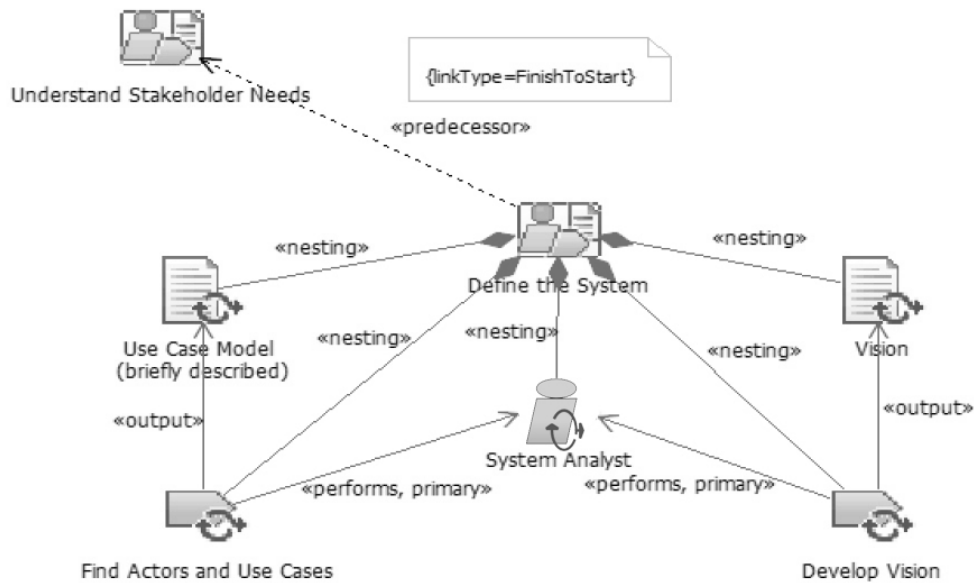


Figura 2.3: Exemplo de modelagem da atividade *Define the System* associada com diferentes elementos de processo (OMG, 2008).

2.3 Linha de Processo de Software e Gerência de Variabilidades

A indústria de software lida regularmente com diferentes cenários durante o desenvolvimento de sistemas de software. As exigências para a entrega de produtos de alta qualidade em menor tempo possível fazem com que essa indústria tenha a necessidade constante de customizar e evoluir seus processos de desenvolvimento para atender os diferentes domínios de aplicação. Sendo assim, tal mercado demanda uma rápida e efetiva customização dos processos de desenvolvimento de software para englobar a variedade de cenários, tecnologias, culturas e escalas existentes (Aleixo et al., 2010b). Nesse contexto, manter uma família de processos de software pode auxiliar na customização de processos

que atendam a determinados domínios de aplicação (Carvalho et al., 2014; Martínez-Ruiz et al., 2012).

Comparando processos de desenvolvimento de software com produtos que podem ser criados e adaptados dentro de uma organização, Rombach (2005) propôs o conceito de Linha de Processo de Software (LPrS), discutindo a necessidade de uma integração entre conceitos envolvidos em processos de software e Linhas de Produto de Software (LPS) como forma de gerenciar as similaridades e variabilidades entre elementos de diferentes processos de software de uma única organização.

A Figura - 2.4 apresenta a distinção entre LPS e LPrS baseado nos tipos de artefatos gerenciados e nos produtos gerados. Note que os produtos resultantes de uma LPS são produtos de software customizados, enquanto que os produtos resultantes de uma LPrS são processos de software customizados para determinados domínios de aplicação dentro de uma organização.

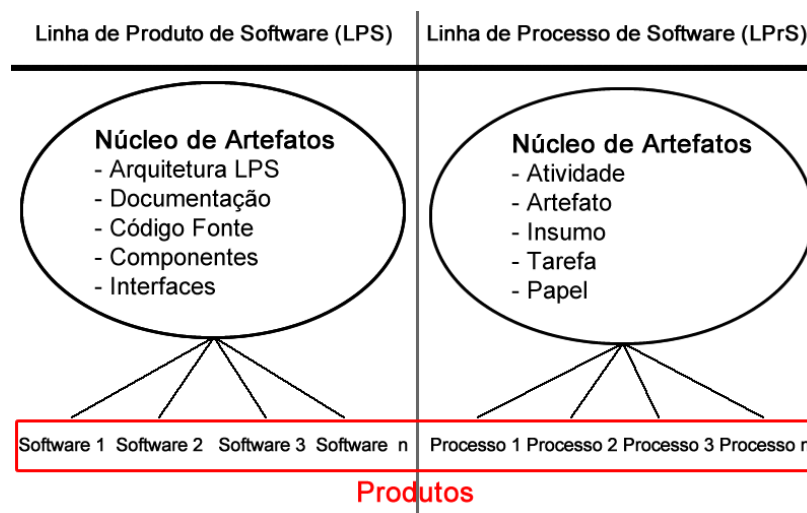


Figura 2.4: Produtos de LPS e LPrS (Dias, 2015).

LPrS refere-se à aplicação de técnicas e princípios de LPS no contexto de processos de software (Alegría e Bastarrica, 2012; Rombach, 2005). O objetivo é fornecer técnicas e mecanismos para: (i) a modelagem de similaridades e variabilidades existentes em famílias de processos de software, e (ii) a derivação automática de processos de software customizados que atendam às necessidades específicas de um determinado projeto de desenvolvimento de software (OliveiraJr et al., 2013).

Uma LPrS busca definir uma família de processos de software com um conjunto gerenciado de características que satisfazem necessidades específicas de uma organização e que são desenvolvidos a partir de um conjunto de processos básicos comuns (Armbrust et al., 2009). Certas características podem existir ou não em uma derivação de processo

a partir de uma LPrS. Em linha de produto o termo variabilidade se refere à forma como as funcionalidades em uma família de produtos podem se diferenciar entre si. De forma semelhante, em LPrS o termo variabilidade se refere à forma como características de processos se diferenciam entre si.

O termo variabilidade em LPrS pode ser descrito por meio de pontos de variação e variantes (Oliveira Jr et al., 2013). Pontos de variação se referem aos locais específicos onde elementos de processos podem ser instanciados de diferentes formas, dependendo de uma necessidade específica. Para cada ponto de variação existem dois ou mais elementos variantes, os quais são elementos do processo que podem ser instanciados para resolver um ponto de variação.

A Figura - 2.5 ilustra um fragmento de uma LPrS onde é possível visualizar elementos obrigatórios e variáveis. O papel desenvolvedor (**Developer**) e as tarefas Projetar a solução (**Design the solution**) e Implementar a solução (**Implement solution**) são elementos obrigatórios. Para gerar uma instância do fragmento apresentado na Figura - 2.5 é necessário resolver as variabilidades representadas por duas *features*. A *feature* **Teste de desenvolvedor** compreende a realização opcional das tarefas Implementar testes do desenvolvedor (**Implement developer tests**) e Realizar testes do desenvolvedor (**Run developer tests**) pelo papel Testador (**Tester**). A *feature* **Integração Contínua** compreende a realização opcional da tarefa Integrar e criar a construção (**Integrate and create build**). Uma derivação dessa LPrS pode gerar quatro instâncias de processo distintas: (i) sem as variabilidades, (ii) apenas com a primeira variabilidade, (iii) apenas com a segunda variabilidade e (iv) com ambas as variabilidades (Aleixo, 2013).

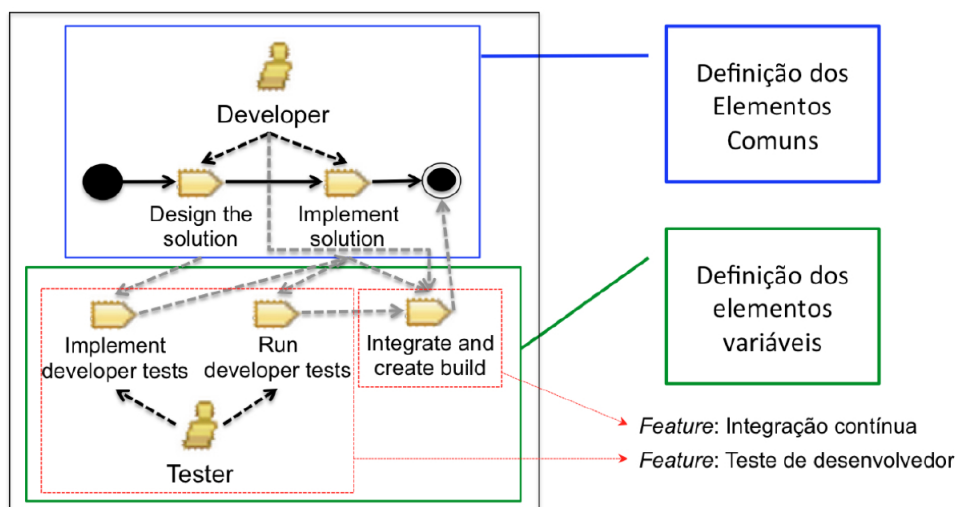


Figura 2.5: Exemplo de pontos de variação e variantes (Aleixo, 2013).

Termos como similaridade e variabilidade em LPrS são associados aos elementos de processo, como atividades, artefatos, papéis e tarefas. Exemplos de variabilidades que podem ser modeladas em LPrS são: (i) para representar um nível específico de modelo de maturidade de processo de software; (ii) para representar alternativas para o uso de uma determinada técnica de especificação de requisitos, modelagem do projeto de software ou atividades de execução de testes; (iii) para representar a escolha de um estilo de documentação da arquitetura do software; e (iv) para representar a escolha de uma linguagem específica de programação. Essas variabilidades representam pontos onde elementos de processos podem ser estendidos ou refinados (Alegría e Bastarrica, 2012; OliveiraJr et al., 2013).

Entre as vantagens consideradas com o uso de LPrS estão o aumento da previsibilidade, a redução de custo e do tempo, e a redução de riscos por meio da reutilização de elementos de processos (Rombach, 2005).

2.4 A Abordagem SMartySPEM

A abordagem *Stereotype-based Management of Variability for SPEM (SMartySPEM)* (OliveiraJr et al., 2013) tem como objetivo apoiar a identificação e representação de variabilidades em elementos de processos de software modelados com SPEM. *SMartySPEM* também auxilia na derivação de processos customizados a partir de LPrS. Entretanto, o processo de derivação não ocorre ainda de maneira automatizada.

SMartySPEM é composta de um perfil UML, o *SMartySPEMProfile*, e um conjunto de diretrizes que direcionam o usuário na identificação e representação de variabilidades em modelos de processos realizados com SPEM (OliveiraJr et al., 2013). A Figura - 2.6 descreve as atividades necessárias para definir uma LPrS e derivar processos de software customizados baseado na abordagem *SMartySPEM*. Observe que para a realização da primeira atividade nomeada **Aplicação das diretrizes de SMartySPEM** são necessários artefatos do tipo **Modelos de Processo SPEM**. Esses artefatos são modelados utilizando SPEM. O artefato resultante da execução da primeira atividade é uma LPrS baseada no *SMartySPEM*. Nesse momento, essa LPrS já possui variabilidades identificadas e representadas, o que habilita a possibilidade de executar a próxima atividade nomeada **Resolução de Variabilidades/Derivação de Processos Específicos**. Nessa atividade diferentes processos customizados podem ser derivados a partir da LPrS previamente modelada. Essa derivação ocorre resolvendo os pontos de variação encontrados na LPrS, com base no projeto ou domínio no qual o processo derivado será utilizado (OliveiraJr et al., 2013).

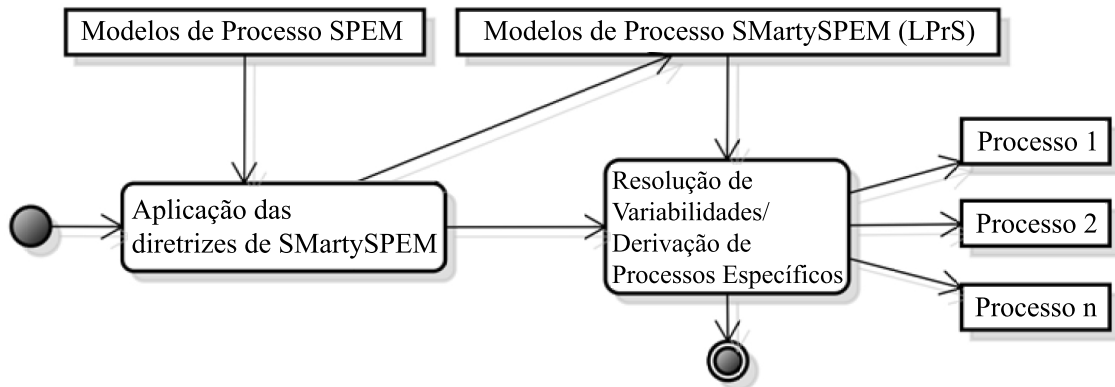


Figura 2.6: Modelando LPrS e derivando processos customizados baseados na abordagem *SMartySPEM* (OliveiraJr et al., 2013).

As diretrizes fornecidas pelo *SMartySPEM* basicamente direcionam o procedimento de identificação e representação de variabilidades em modelos baseados no SPEM. Para isso, são aplicados estereótipos definidos pelo *SMartySPEMProfile* em elementos de processo do modelo em questão. O perfil UML *SMartySPEMProfile* foi criado como uma extensão de estereótipos do perfil do SPEM v2.0 e do *SMartyProfile*. Dessa forma, é possível aplicar os estereótipos definidos pelo *SMartySPEMProfile* diretamente em elementos UML ou elementos SPEM.

O *SMartySPEMProfile* é formado pelos seguintes estereótipos (Figura - 2.7):

- `<<variability>>` que representa o conceito de variabilidade em LPrS;
- `<<variationPoint>>` que representa específicos elementos de processo que variam de acordo com o ambiente;
- `<<mandatory>>` que representa elementos de processos mandatórios que devem estar presentes em qualquer derivação de processo a partir de uma LPrS;
- `<<optional>>` que representa elementos de processos opcionais que podem ser parte de um processo derivado de uma LPrS;
- `<<alternative_OR>>` que representa diferentes combinações de elementos de processos do tipo inclusivo para resolver um ponto de variação ou variabilidade;

- `<<alternative_XOR>>` que representa a seleção de apenas um elemento de processo do tipo exclusivo para resolver um ponto de variação ou variabilidade;
- `<<mutex>>` que representa o conceito de restrição de variantes com relacionamento mutuamente exclusivo entre dois elementos de processo;
- `<<requires>>` que representa o conceito de variante que ao ser selecionada implica na seleção de outro elemento para um específico processo; e
- `<<variable>>` que indica uma partição em um diagrama de classes contém um conjunto de elementos de processos com variabilidades explícitas.

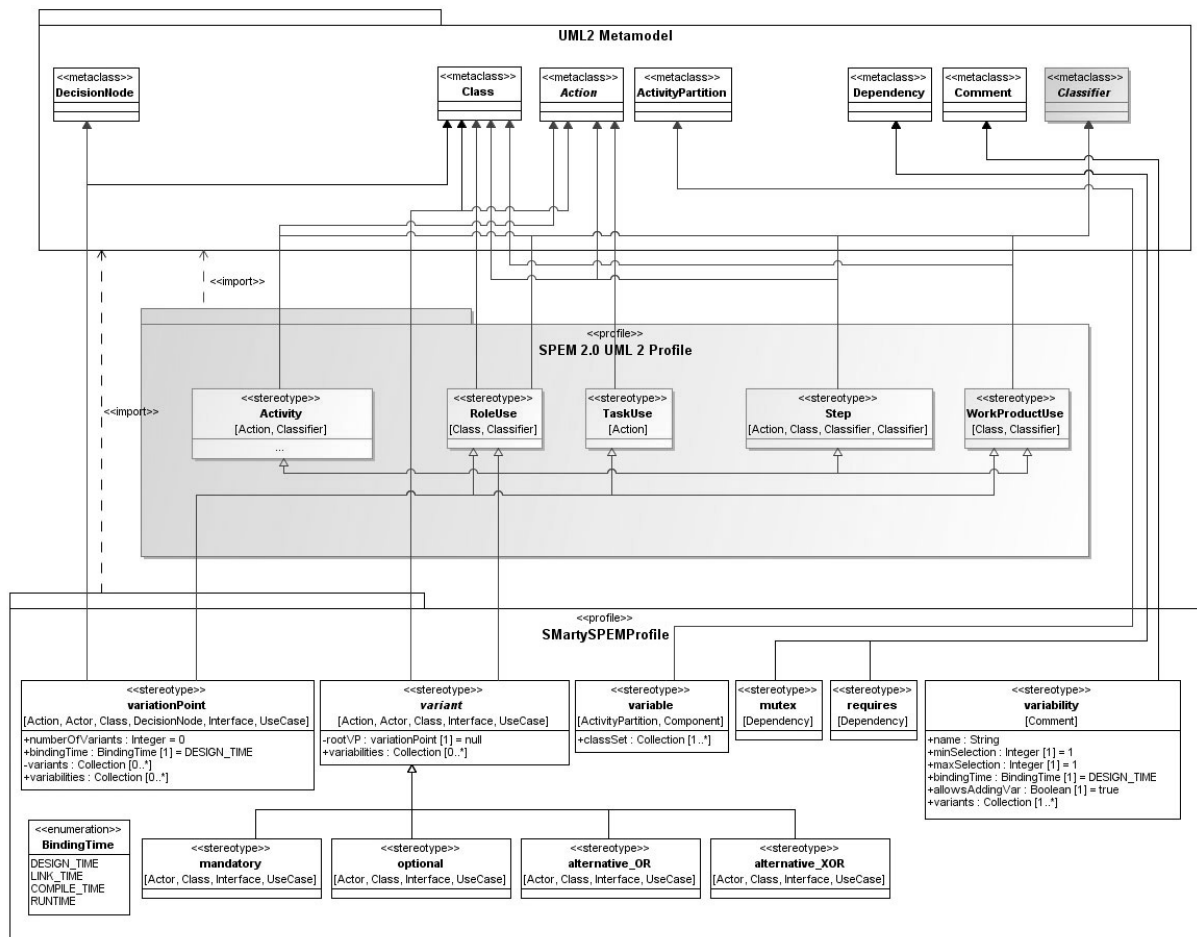


Figura 2.7: O *SMartySPemProfile* e seus estereótipos (OliveiraJr et al., 2013).

A abordagem *SMartySPem* também define algumas diretrizes para auxiliar na identificação de variabilidades em diagramas UML. Essas diretrizes ajudam a identificar possíveis elementos que possam sofrer variabilidade dependendo do domínio de aplicação de um processo de software. São elas:

- D1. elementos *DecisionNode* em diagramas de atividade sugerem pontos de variação marcados com `<<variationPoint>>` já que representam explicitamente múltiplos caminhos para diferentes atividades de processos de software;
- D2. elementos Atividade do SPEM v2.0 em diagramas de atividade podem ser definidos como variantes obrigatórias ou opcionais marcadas, respectivamente, com `<<mandatory>>` e `<<optional>>`;
- D3. elementos Atividade do SPEM v2.0 em diagramas de atividade os quais representam fluxos alternativos de saída a partir de um *DecisionNode* sugerem Atividades variantes inclusivas (`<<alternative_OR>>`) ou exclusivas (`<<alternative_XOR>>`);
- D4. elementos *ActivityPartition* em diagramas de atividades, os quais contém elementos com variabilidade associada, *DecisionNode* como um ponto de variação ou Atividade como uma variante, podem ser marcadas com `<<variable>>`;
- D5. elementos Uso do Papel, Uso da Tarefa e Uso do Produto de Trabalho definidos no SPEM v2.0 podem sugerir pontos de variação marcados com `<<variationPoint>>` já que podem representar elementos passíveis de seleção em diferentes processos de software;
- D6. elementos Uso do Papel, Uso da Tarefa, Passo e Uso do Produto de Trabalho definidos no SPEM v2.0 podem ser marcados como variantes obrigatórias ou opcionais, respectivamente, com `<<mandatory>>` e `<<optional>>`;
- D7. elementos Uso do Papel, Uso da Tarefa, Passo e Uso do Produto de Trabalho definidos no SPEM v2.0 e que especializam ou são composições/agregações de elementos marcados com `<<variationPoint>>`, sugerem elementos variantes inclusivos (`<<alternative_OR>>`) ou exclusivos (`<<alternative_XOR>>`);
- D8. elementos variantes que, ao serem selecionados para fazer parte de um processo, exigem a presença de outro(s) determinado(s) elemento(s) variante(s), devem possuir um relacionamento de dependência marcado com o estereótipo `<<requires>>`;
- D9. elementos variantes mutuamente exclusivos para um determinado processo, devem ter seus relacionamentos de dependência marcados com o estereótipo `<<mutex>>`.

Com base no SPEM v2.0, a abordagem *SMartySPEM* também propõe um conjunto de ícones para a representação de elementos de processos. Esses ícones são marcados de forma

anotativa para auxiliar na identificação dos pontos de variação e variantes em modelos que os utilizam. Os elementos de processo utilizados são: *activity*, *task*, *work product*, *role* e *step*. A Figura - 2.8 exemplifica os ícones dos estereótipos do *SMartySPEM* e que são aplicados no elemento do tipo *task*. Tais marcações são: MDT para elementos mandatórios, OPT para elementos opcionais, OR para elementos variantes inclusivos, XOR para elementos variantes exclusivos e VP para representar pontos de variação. Essas marcações foram criadas para melhorar a legibilidade de LPrS baseadas no *SMartySPEM* (OliveiraJr et al., 2013).

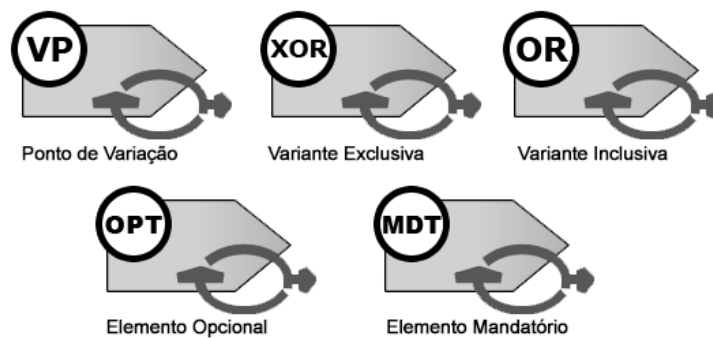


Figura 2.8: Ícones do tipo *task* com marcações do *SMartySPEM*.

A Figura - 2.9 apresenta um fragmento de processo de software modelado com *SMartySPEM*. Note que para o ponto de variação (VP) marcado no elemento *VPRole* existem duas variantes inclusivas, nomeadas *Arquiteto* e *Analista*. Além disso, existe um elemento opcional (OPT) nomeado *Distribuir tarefas aos membros da equipe*.

A Figura - 2.10 apresenta um exemplo de fragmento de processo derivado a partir do modelo apresentado na Figura - 2.9. Para realizar a derivação foi necessário resolver o ponto de variação *VPRole* selecionando a variante nomeada *Analista*. Note que os elementos marcados como mandatórios (MDT) permaneceram no modelo gerado, exceto o elemento *Responsável pelo desenvolvimento* que depende do elemento opcional *Distribuir tarefas aos membros da equipe*, o qual não foi selecionado no modelo apresentado na Figura - 2.10.

Associados aos elementos *VPRole* e *Distribuir tarefas aos membros da equipe* na Figura - 2.10, existem notas UML, marcadas como o estereótipo `<<variability>>`. Essas notas representam o conceito de variabilidade em LPrS onde os seguintes valores são informados (OliveiraJr et al., 2013):

- **name**, indicando o nome dado ao local onde ocorre a variabilidade;

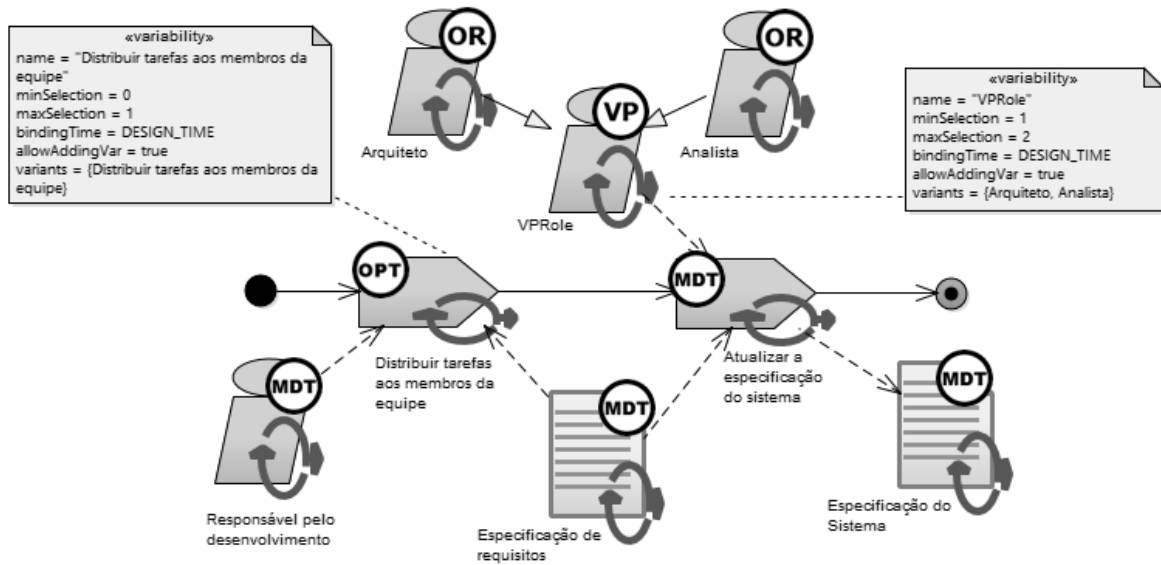


Figura 2.9: Fragmento de processo modelado com *SMartySPEM*.

- `minSelection`, indicando o menor número de variantes para serem selecionadas para um ponto de variação ou variabilidade;
- `maxSelection`, indicando o número máximo de variantes para serem selecionadas para um ponto de variação ou variabilidade;
- `bindingTime`, indicando o momento o qual uma variabilidade deve ser resolvida, representado por uma classe *enumeration* chamada *BindingTime*;
- `allowsAddingVar`, indicando se é possível ou não incluir novas variantes na LPrS; e
- `variants`, indicando a coleção de instancias de variantes associadas com uma variabilidade.

2.5 A Abordagem vSPEM

A abordagem *vSPEM* (Martínez-Ruiz et al., 2008) propõe a inclusão de um mecanismo de variabilidade ao metamodelo SPEM. Para isso, novos elementos são adicionados ao metamodelo por meio de um novo pacote denominado *ProcessLineComponents* (Martínez-Ruiz et al., 2011b).

O primeiro elemento criado foi o *ProcLElement*, herdado do elemento *classifier* da UML. Esse elemento é uma abstração de todos os elementos relacionados a variabilidades.

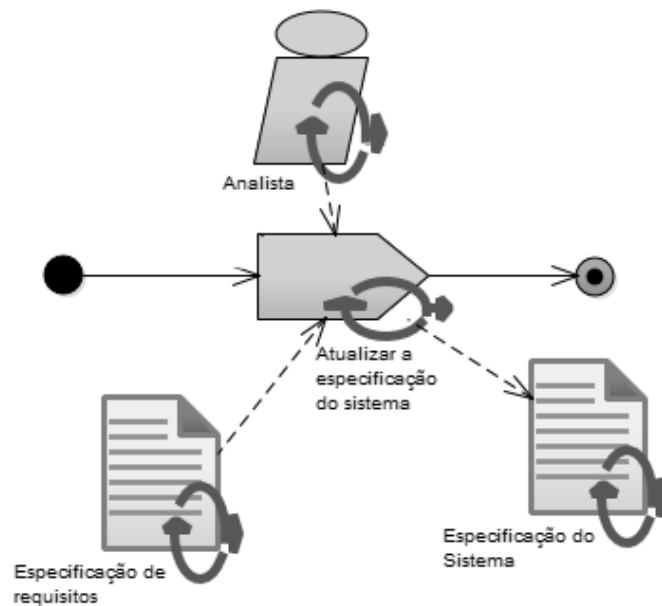


Figura 2.10: Fragmento de processo derivado.

Os elementos *VarPoint* e *Variant* consistem de especificações do *ProcLElement* e são utilizadas para representar pontos de variação e variantes (Martínez-Ruiz et al., 2008, 2011b).

A Figura - 2.11 apresenta um conjunto de ícones do *vSPeM* baseados no meta-modelo SPEM para os elementos *Activity*, *RoleUse*, *TaskUse*, *Tool* e *WorkProductUse* (Martínez-Ruiz et al., 2011b). Esses ícones são utilizados para representar as variabilidades em modelos de processo de software. A Figura - 2.12 apresenta como os ícones do *vSPeM* são aplicados em um exemplo de fragmento de processo com pontos de variação (à esquerda) e variantes (à direita).

	Activity	Role	Task	Tool	Work product
SPEM icon	Activity	RoleUse	TaskUse	Tool	WorkProductUse
vSPeM Variation point icon	VPAActivity	VPRole	VPTask	VPTool	VPWorkP
vSPeM Variant icon	VActivity	VRoleUse	VTask	VTool	VWorkP

Figura 2.11: Ícones de SPEM e o Conjunto de Ícones de Pontos de Variação e Variantes de *vSPeM* (Martínez-Ruiz et al., 2011b)

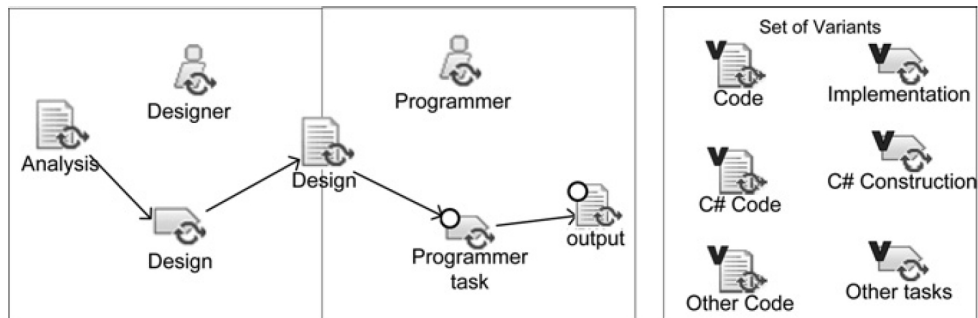
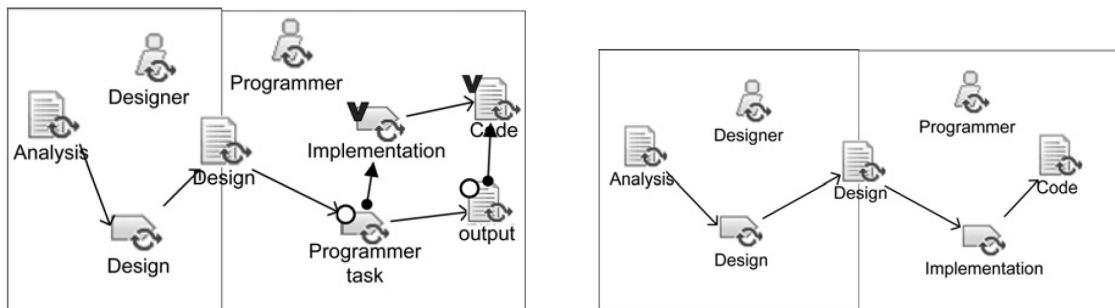


Figura 2.12: Exemplo de Processo com Pontos de Variação (à esquerda) e Variantes Relacionadas (à direita) (Martínez-Ruiz et al., 2011b)

O relacionamento *Occupation* é utilizado para relacionar quais variantes ocuparam determinados pontos de variação em modelos *vSPeM*. Um exemplo de resolução de variabilidades é apresentado na Figura - 2.13(a) com os pontos de variação (**Programmer Task** e **output**) e as variantes (**Implementation** e **Code**). A Figura - 2.13(b) apresenta um fragmento de processo derivado a partir desta resolução conforme apresentado na Figura - 2.13(a).



(a) Ligação entre Pontos de Variação e Variantes com *vSPeM* (Martínez-Ruiz et al., 2011b)

(b) Processo Derivado (Martínez-Ruiz et al., 2011b)

Figura 2.13: Exemplo da Abordagem *vSPeM*

Nesta dissertação, *vSPeM* tem uma papel importante pois auxilia nos estudos de avaliação da abordagem *SMartySPeM*. *vSPeM* foi escolhido por apresentar semelhanças importantes com *SMartySPeM* como, por exemplo, o uso do metamodelo SPEM. Além disso, *vSPeM* se mostra como uma das abordagens mais completas para LPrS, pois além dos recursos oferecidos por SPEM, também existe o suporte para pontos de variação e variantes, fornecidos por seu mecanismos de variabilidade (Martínez-Ruiz et al., 2011b).

2.6 Estudos Empíricos e Métodos Mistos

Existe um interesse crescente em estudos empíricos na engenharia de software, tanto para avaliar tecnologias quanto para orientar melhorias de tecnologias incipientes. Para a realização desses estudos é necessária a coleta de dados que podem ser classificados como quantitativos e qualitativos. Dados quantitativos (numéricos) são úteis para medir um aspecto particular de uma amostra, como “número de defeitos detectados”, enquanto que dados qualitativos (expressos em textos ou gráficos) são úteis para se obter uma compreensão mais rica, porém interpretativa (Shull et al., 2001).

Embora diferentes tipos de dados possam ser extraídos de estudos qualitativos e quantitativos, é possível combinar esses dados em um único estudo. Esse tipo de pesquisa é conhecida como Métodos Mistos porque incorpora elementos de abordagens qualitativas e quantitativas (Creswell, 2014). Dessa forma, os pontos fortes de cada abordagem podem ser combinados para desenvolver uma compreensão mais forte do problema ou das questões da pesquisa e, também, superar as limitações de cada um.

Creswell (2014) cita três diferentes estratégias de avaliação empírica baseadas em Métodos Mistos:

- Estratégia Paralela Convergente, que consiste em analisar dados qualitativos e quantitativos separadamente e comparar os resultados;
- Estratégia Explanatória Sequencial, que consiste em duas fases, onde os resultados de um estudo quantitativo são utilizados para planejar a segunda fase que envolve a coleta e análise de dados qualitativos; e
- Estratégia Exploratória Sequencial, que também consiste em duas fases, entretanto os resultados de um estudo qualitativo inicial são utilizados para planejar a segunda fase que envolve a coleta e análise de dados quantitativos.

Esta dissertação adota a Estratégia Explanatória Sequencial como forma de conduzir os estudos empíricos apresentados nos Capítulos 3 e 4, com base nos resultados preliminares obtidos em Dias et al. (2016) e Dias e Oliveira Jr (2016). A Figura - 2.14 apresenta a visão geral da estratégia. O objetivo é avaliar a viabilidade da abordagem *SMartySPeM* e auxiliar na sua evolução partindo de uma análise comparativa com outra abordagem anotativa.

Na estratégia explanatória sequencial, os resultados quantitativos tipicamente informam os tipos de participantes a serem propositadamente selecionados para a fase qualitativa e os tipos de perguntas que serão feitas aos participantes. A intenção geral

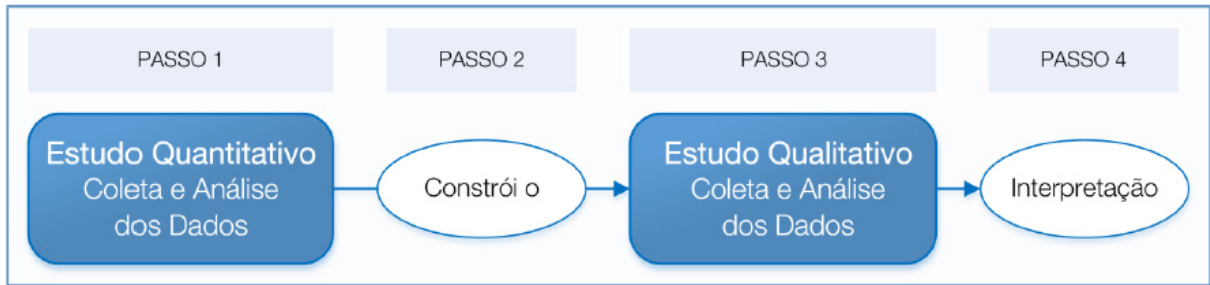


Figura 2.14: Visão geral da estratégia explanatória sequencial. Adaptado de (Creswell e Vicki, 2006).

é que os dados qualitativos possam ajudar a explicar com mais detalhes os resultados quantitativos iniciais (Creswell, 2014).

Além das questões de pesquisas definidas para conduzir estudos quantitativos e qualitativos, com o uso de métodos mistos é possível definir questões de pesquisas chamadas de híbridas ou integradas (Creswell, 2014). Esse tipo de questão de pesquisa geralmente é definida entre as duas fases do estudo quando utilizada a Estratégia Explanatória Sequencial ou a Estratégia Exploratória Sequencial, guiando a execução da segunda fase dessas estratégias.

2.7 Estudos Preliminares de SMartySPEM

Diversas abordagens para auxiliar no gerenciamento de variabilidades em LPrS têm sido propostas ou definidas usando principalmente as abordagens anotativa e composicional (Dias, 2015). O *Eclipse Process Framework* (EPF) é uma das propostas mais encontradas na literatura para tratar da customização de processos de software de forma composicional. *SMartySPEM*, por sua vez, vem sendo usada como uma forma alternativa para a abordagem anotativa.

Nos estudos de Dias (2015), Dias e Oliveira Jr (2016) e Dias et al. (2016), *SMartySPEM* e *Eclipse Process Framework* (EPF) são comparadas com o objetivo de avaliar as abordagens anotativa e composicional, respectivamente, com base em evidências qualitativas e quantitativas, seguindo a Estratégia Exploratória Sequencial de pesquisa baseada em Métodos Mistos (Creswell, 2014). Para isso, um estudo qualitativo foi conduzido e forneceu evidências iniciais que foram utilizadas para planejar e conduzir um estudo quantitativo.

Motivado pelo baixo número de estudos empíricos encontrados na literatura com relação às abordagens anotativa e composicional, Dias (2015) investigou a seguinte questão

de pesquisa: “é possível fornecer evidências (efetividade) iniciais sobre as abordagens anotativa e composicional no que tange a gerência de variabilidades em processo de software?”.

Inicialmente, um estudo qualitativo foi conduzido por Dias e Oliveira Jr (2016) realizando a comparação das abordagens *SMartySPeM* e EPF com base nos critérios de modularidade, rastreabilidade, detecção de erros, granularidade, uniformidade, adoção e gerência sistemática de variabilidades. A Figura - 2.15 representa o grau de respostas positivas para cada critério de comparação. Quanto mais longe estiver do centro do gráfico, melhor será a avaliação do critério para a abordagem.

Conforme apresentado na Figura - 2.15, os critérios de Rastreabilidade, Adoção, Granularidade e Gerência Sistemática de Variabilidade se mostraram mais viáveis para a abordagem anotativa. Os critérios de Modularidade e Detecção de Erros foram considerados mais viáveis para na abordagem composicional. Entretanto, por apresentar maior discrepância entre as abordagens, o critério de Gerência Sistemática de Variabilidade foi escolhido para ser analisado no estudo que se seguiu.

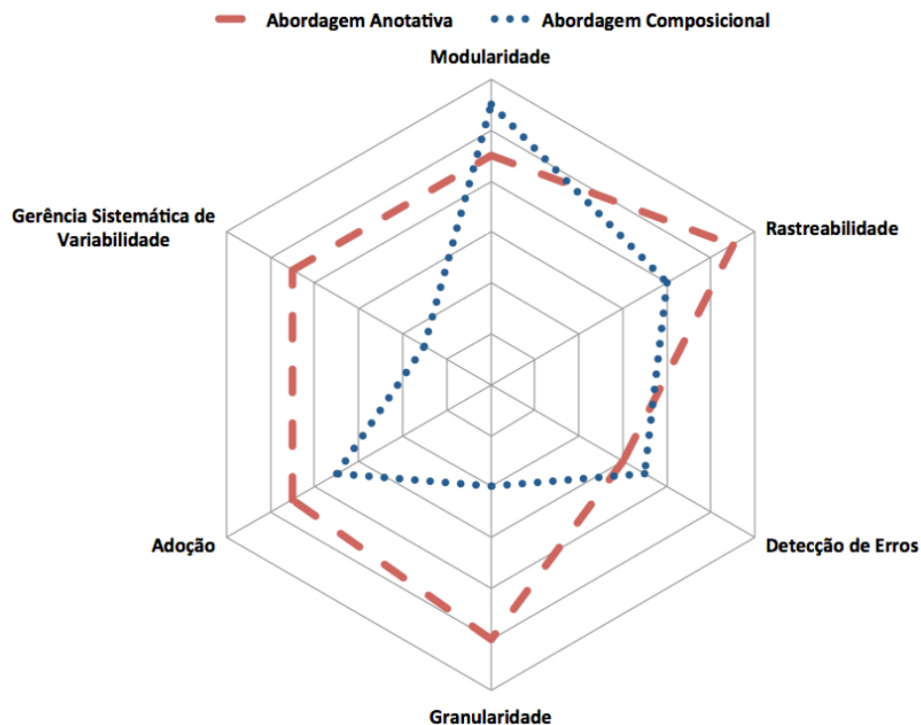


Figura 2.15: Gráfico de radar com os resultados sobre as abordagens Composicional e Anotativa com relação aos critérios estabelecidos (Dias, 2015; Dias e Oliveira Jr, 2016).

No estudo empírico quantitativo de Dias et al. (2016), o objetivo foi analisar a efetividade das abordagens composicional e anotativa no que diz respeito à gerência sistemática de variabilidade no contexto de representação de variabilidades. Para isso, acadêmicos de graduação e pós-graduação da área de Engenharia de Software da Universidade Estadual de Maringá (UEM) e Universidade Paranaense (UNIPAR), além de profissionais que atuam no meio industrial, foram convidados para participar do estudo.

Os resultados do estudo empírico quantitativo corroboraram com o resultado do estudo empírico qualitativo no que diz respeito à abordagem anotativa. Entretanto, o mesmo não ocorreu para a abordagem composicional. Não foi possível mostrar estatisticamente que existe uma diferença significativa entre as abordagens analisadas com base no critério de Gerência Sistemática de Variabilidade.

A Figura - 2.16 apresenta o *boxplot* resultante da análise da efetividade das abordagens anotativa e composicional nos estudos apresentados em Dias (2015) e Dias et al. (2016). O cálculo da efetividade foi realizado subtraindo o número de variabilidades modeladas corretamente ao número de variabilidades modeladas incorretamente no estudo empírico apresentado. Como se pode observar pelos quartis 1 e 2, a abordagem anotativa gerou melhores resultados que a abordagem composicional pois apresentou menor variabilidade da efetividade, ou seja, em geral os resultados da abordagem anotativa foram superiores conforme a medida do eixo Y do *boxplot*. Entretanto, ao analisar os resultados finais, Dias (2015) e Dias et al. (2016) argumentam sobre a necessidade da realização de novos estudos empíricos de forma à produzir mais evidências para buscar generalizar os resultados.

Apesar de *SMartySPEM* já ter sido avaliada empiricamente de forma preliminar com relação à abordagem composicional representada por EPF (Dias, 2015; Dias e Oliveira Jr, 2016; Dias et al., 2016) e se mostrado promissora, para atingir os objetivos desta dissertação, *SMartySPEM* carece de uma comparação com uma abordagem anotativa. Tal avaliação pode ser inspirada em Martínez-Ruiz et al. (2011b), considerando a abordagem *vSPEM*. Os resultados podem contribuir significativamente para o avanço de *SMartySPEM*, considerando a gerência de variabilidades em LPrS.

2.8 Considerações Finais

Este capítulo apresentou os fundamentos teóricos necessários para o desenvolvimento desta dissertação, discutindo os principais conceitos para a realização dos estudos empíricos. Foram apresentadas as definições sobre LMPS, LPS, LPrS, modelagem e representação de variabilidades em LPrS e as estratégias de avaliação baseadas em Métodos Mistos.

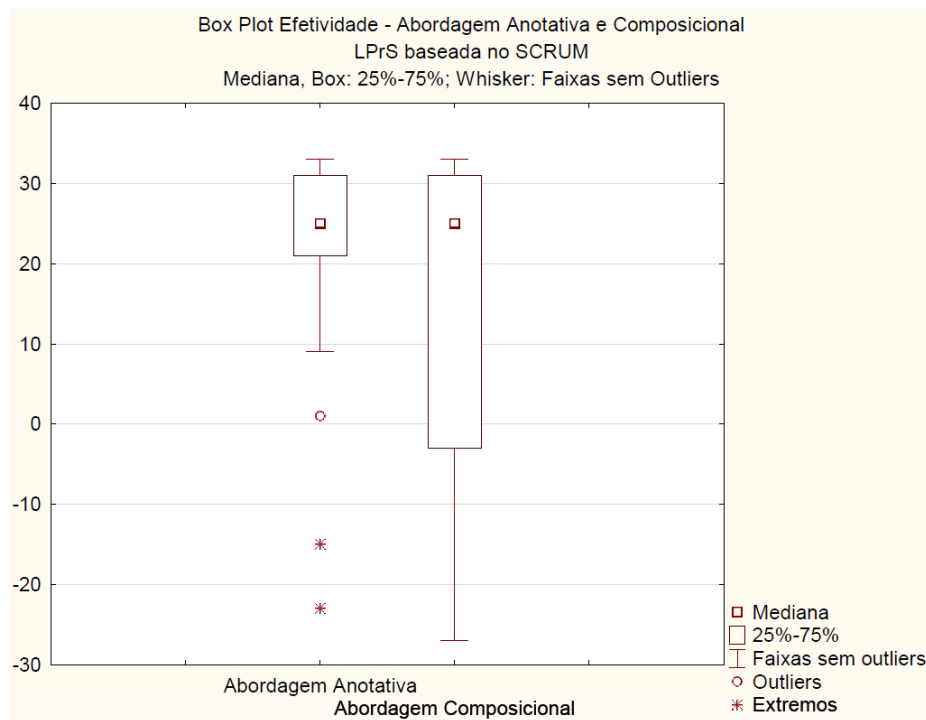


Figura 2.16: Box Plots de Efetividade das Abordagens Anotativa e Composicional (Dias, 2015; Dias et al., 2016).

As abordagens anotativas avaliadas nesta dissertação, *SMartySPEM* e *vSPEM*, também foram apresentadas, assim como seus mecanismos de variabilidade para o metamodelo SPEM. Para conduzir os estudos empíricos foi utilizada a Estratégia Explanatória Sequencial baseada em Métodos Mistos, também apresentada neste capítulo.

Estudo Quantitativo de SMartySPEM

3.1 Considerações Iniciais

Nos estudos de Dias et al. (2016) e Dias e OliveiraJr (2016), *SMartySPEM* foi avaliado empiricamente, como abordagem anotativa, em uma comparação com o *Eclipse Process Framework* (EPF), como abordagem composicional. Os resultados forneceram indícios de que *SMartySPEM* é apropriado para gerência de variabilidades. *SMartySPEM*, então, evoluiu no que diz respeito ao seu perfil UML/SPEM e suas diretrizes. Nesta dissertação, *SMartySPEM* é comparada com uma abordagem anotativa, com um mecanismo de variabilidade similar, como mostrado na Seção 2.5. Para tanto, optou-se pela Estratégia Explanatória Sequencial para que o estudo quantitativo pudesse corroborar os resultados obtidos por Dias et al. (2016) e Dias e OliveiraJr (2016). Ainda, um estudo qualitativo (Capítulo 4) foi realizado.

Este capítulo apresenta, portanto, um estudo empírico quantitativo que compara as abordagens anotativas *SMartySPEM* e *vSPEM*. Para isso, a compreensibilidade dos diagramas modelados e os mecanismos de variabilidade das abordagens foram analisados. Também foram definidas variáveis que mediram a corretude de respostas dissertativas e derivações de fragmentos de LPrS, além do tempo gasto para realizar essas tarefas. A eficiência foi definida com a razão entre a corretude e o tempo gasto nas tarefas realizadas pelos participantes.

A Figura - 3.1 apresenta as etapas que compreendem este estudo. Após a definição das hipóteses e planejamento do experimento, uma apresentação estatística descritiva dos resultados é apresentada. O cálculo da eficiência das abordagens, com base nas amostras

coletadas, ocorre ao realizar o teste de normalidade e escolhendo entre o *test* T (Wohlin et al., 2012) (paramétrico) e o teste Mann-Whitney-Wilcoxon (Hole, 2011; Juristo e Moreno, 2010; Wohlin et al., 2012) (não paramétrico). Por fim, foi realizado o teste de hipótese.

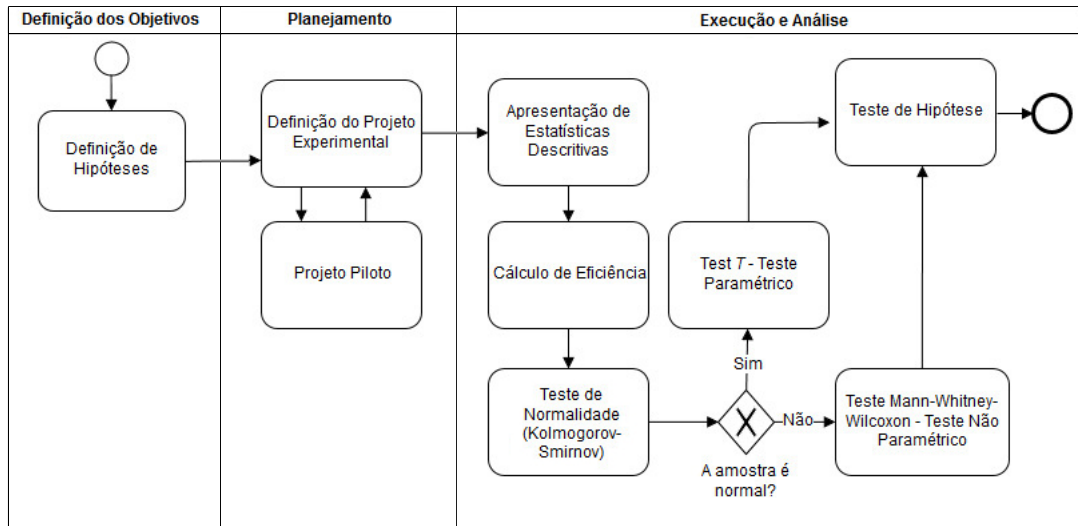


Figura 3.1: Etapas do Estudo Empírico Quantitativo.

3.2 Definição do Estudo

Baseado no modelo *Goal-Question-Metric (GQM)* (Basili e Rombach, 1988), o objetivo deste estudo foi **comparar** as abordagens anotativas *SMartySPEM* e *vSPEM* para representação de variabilidades em LPrS modeladas com *SPEM* **com o propósito de** identificar a melhor compreensibilidade de diagramas e dos mecanismos de variabilidade, definida com base na eficiência das tarefas realizadas, **do ponto de vista de** pesquisadores na área da engenharia de software **no contexto de** mestrandos em Ciência da Computação da Universidade Estadual de Maringá (UEM) com experiências profissionais na indústria.

3.3 Planejamento do Estudo

Este estudo foi baseado no experimento controlado realizado por Martínez-Ruiz et al. (2011b), que compara os mecanismos de variabilidade do metamodelo *SPEM* e da abordagem *vSPEM*. Dessa forma, este estudo realiza um experimento controlado na tentativa de ser capaz de controlar o maior número possível de fatores de influência ambiental.

Projeto Piloto

Um estudo piloto foi realizado com o objetivo de avaliar a instrumentação proposta. Um mestrando em Ciência da Computação foi convidado para realizar e avaliar as tarefas e documentos definidos para o experimento. Dessa forma, a instrumentação foi ajustada para evitar ameaças ao estudo e não ultrapassar determinados limites como, por exemplo, a faixa de tempo necessária para realizar as explicações e tarefas propostas. Os dados obtidos no projeto piloto foram descartados.

Treinamento

Um treinamento foi realizado no dia anterior à realização deste experimento, apresentando aos participantes, as abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM*. Além disso, foram apresentados conceitos importantes como, por exemplo, pontos de variação e variantes em LPrS. Também foram realizados alguns exercícios práticos baseados em fragmentos de processo de software, que foram modelados com *SMartySPEM* e *vSPEM*. Nesses exercícios, os participantes deveriam realizar derivações de processos customizados. As abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM* foram apresentadas e treinadas seguindo a mesma metodologia, evitando favorecimento. O treinamento durou aproximadamente 50 minutos.

Participantes

Este experimento controlado foi desenvolvido em um ambiente acadêmico. Foram selecionados, por conveniência, 12 estudantes na área da engenharia de software que, no momento deste estudo, estavam realizando algum tipo de pesquisa científica na área da computação e possuíam conhecimento básico, moderado ou avançado em UML. Apenas dois participantes nunca haviam ouvido falar de gerenciamento de variabilidades em processos de software. Sobre a abordagem *SMarty*, cinco participantes já haviam tido algum contato e dois participantes tiveram, em algum momento, experiências com o metamodelo *SPEM* antes deste estudo.

A Tabela - 3.1 apresenta a formação acadêmica e os conhecimentos de cada participante em relação aos conceitos utilizados neste estudo. As classificações apresentadas seguem as descrições à seguir:

1. **Formação Acadêmica:** Graduando(a) (Gn), Graduado(a) (Gr), Pós-graduando(a) (Pn), Pós-graduado(a) (Pr), Mestrando(a) (Mn), Mestre (Ms), Doutorando(a) (Dn), Doutor(a) (Dr);
2. **Experiência com UML:** Nenhuma (1), Básica (2), Moderada (3), Avançada (4);

3. **Experiência com LPrS e Variabilidade:** Nenhuma (1), Superficial (2), Básica (3), Moderada (4), Avançada (5);
4. **Experiência com *SMarty*:** Sim (1), Não (2)
5. **Experiência com SPEM:** Sim (1), Não (2)

Tabela 3.1: Dados de Caracterização Detalhados dos Participantes do Estudo.

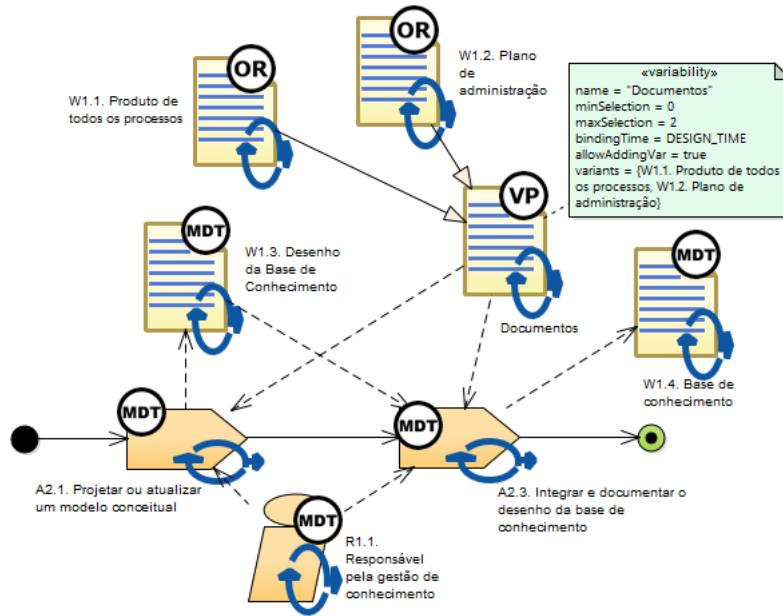
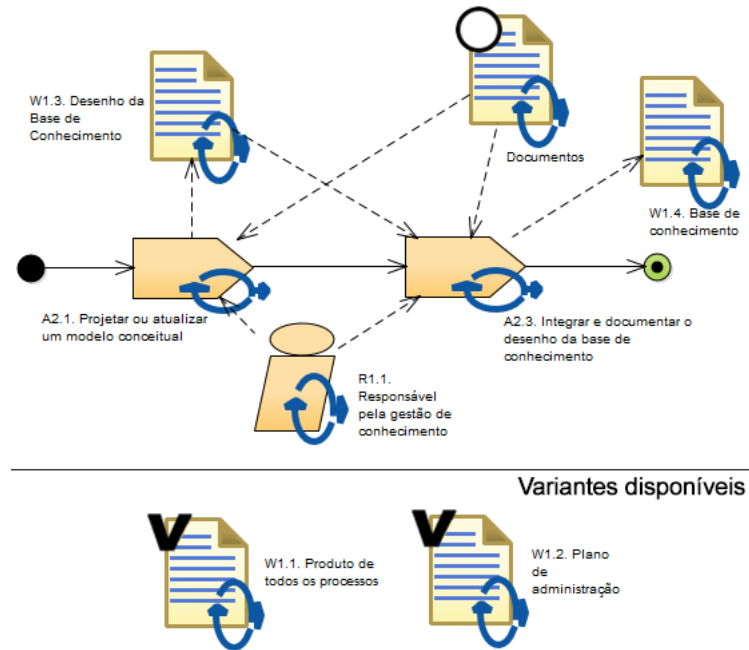
Id do Participante	Formação Acadêmica	Experiência com UML	Experiência com LPrS	Experiência com <i>SMarty</i>	Experiência com SPEM
Id 1	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn(X) Ms() Dn() Dr()	4	4	1	1
Id 2	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn(X) Ms() Dn() Dr()	4	4	1	2
Id 3	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn(X) Ms() Dn() Dr()	2	3	1	2
Id 4	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn(X) Ms() Dn() Dr()	3	4	1	2
Id 5	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn(X) Ms() Dn() Dr()	3	3	1	1
Id 6	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn(X) Ms() Dn() Dr()	2	2	2	2
Id 7	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn(X) Ms() Dn() Dr()	2	2	2	2
Id 8	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn(X) Ms() Dn() Dr()	2	2	2	2
Id 9	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn(X) Ms() Dn() Dr()	4	2	2	2
Id 10	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn(X) Ms() Dn() Dr()	3	1	2	2
Id 11	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn(X) Ms() Dn() Dr()	2	1	2	2
Id 12	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn(X) Ms() Dn() Dr()	2	2	2	2

Instrumentação

Antes da execução do estudo, todos os participantes receberam um conjunto de documentos: (i) um termo de adesão ao estudo lhe privando da confidencialidade das respostas, (ii) um questionário de caracterização para mensurar a experiência do participante sobre os assuntos abordados e (iii) um documento (A1 ou A2) com as tarefas do experimento.

Quatro fragmentos de processo de software foram extraídos do modelo de referência COMPETISOFT (Oktaba et al., 2008) e utilizados no estudo. Para cada fragmento, foram criados dois diagramas semanticamente equivalentes: um baseado no *SMartySPEM* e outro no *vSPEM*. Os fragmentos e seus diagramas são apresentados no Apêndice B. Os diagramas da Figura - 3.2(a) e da Figura - 3.2(b) apresentam, respectivamente, um exemplo de fragmento de processo modelado com *SMartySPEM* e *vSPEM*, que foi utilizado em um dos quatro blocos de tarefas (veja Seção 3.4) contidos no documento entregue a cada participante do estudo. Cada bloco mencionado utilizou um diagrama baseado em um fragmento de processo modelado com uma das abordagens, *SMartySPEM* ou *vSPEM*.

Dois documentos, A1 e A2 (Apêndice B), contendo tarefas exatamente iguais, foram criados com os quatro fragmentos baseados no COMPETISOFT (Oktaba et al., 2008). O primeiro documento, identificado como A1, utilizou dois diagramas modelados com

(a) Fragmento de processo modelado com *SMartySPeM*.(b) Fragmento de processo modelado com *vSPeM*.**Figura 3.2:** Fragmentos de processo de software baseados no COMPETISOFT (Oktaba et al., 2008), modelados com *SMartySPeM* e *vSPeM*.

vSPeM e dois com *SMartySPeM*. O segundo documento, identificado como A2, utilizou os mesmos fragmentos, porém, os diagramas foram modelados com a abordagem contrária ao documento A1. Essa diferenciação dos documentos foi realizada para gerar aleatoriedade ao estudo, diminuindo a possibilidade de ameaças, como discutido na Seção 3.6.

Para cada um dos quatro fragmentos de processo de software nos documentos A1 e A2, foram realizadas três tarefas dissertativas e três tarefas para resolução de variabilidade. Um exemplo de 3 tarefas dissertativas para determinado diagrama, como apresentado na Figura - 3.2, é apresentado à seguir:

1. Qual o número máximo de produtos de trabalho que podem ser gerados (output) em uma derivação do modelo?
2. Quais produtos de trabalho podem servir de entrada (input) para a tarefa A2.3. **Integrar e documentar o desenho da base de conhecimento**, em uma derivação do modelo?
3. O produto de trabalho W1.4. **Base de conhecimento** deve (obrigatoriamente) ser uma saída (output) em uma derivação do modelo?

Um exemplo de 3 tarefas para resolução de variabilidades para determinado diagrama, como apresentado na Figura - 3.2, é apresentado à seguir:

1. Inclua o produto de trabalho W1.2. **Plano de administração** em uma derivação do modelo;
2. Altere o modelo acordialmente para que a tarefa A2.1. **Projetar ou atualizar um modelo conceitual** tenha apenas um (1) produto de trabalho como entrada (input) em uma derivação do modelo;
3. Altere o modelo acordialmente para que a tarefa A2.3. **Integrar e documentar o desenho da base de conhecimento** tenha três (3) produtos de trabalho como entrada (input) em uma derivação do modelo;

Formulação das Hipóteses

O experimento testou as seguintes hipóteses:

1. Hipótese para a Compreensibilidade de Diagramas:
 - (a) **Hipótese Nula (H0DigC):** não existe diferença significativa ente a compreensibilidade de diagramas *SMartySPeM* e *vSPeM*.
 $H0DigC: \mu(SMartySPeM) = \mu(vSPeM)$

- (b) **Hipótese Alternativa (H1DigC):** a compreensibilidade de diagramas *SMartySPEM* é significativamente maior que diagramas *vSPEM*.

$$H1DigC : \mu(SMartySPEM) > \mu(vSPEM)$$

2. Hipóteses para a Compreensibilidade dos Mecanismos de Variabilidade:

- (a) **Hipótese Nula (H0VMeC):** não existe diferença significativa entre a compreensibilidade dos mecanismos de variabilidade de *SMartySPEM* e *vSPEM*.

$$H0VMeC : \mu(SMartySPEM) = \mu(vSPEM)$$

- (b) **Hipótese Alternativa (H1VMeC):** a compreensibilidade do mecanismo de variabilidade de *SMartySPEM* é significativamente maior que o mecanismo de variabilidade de *vSPEM*.

$$H1VMeC : \mu(SMartySPEM) > \mu(vSPEM)$$

Seleção de Variáveis

1. *Variáveis Independentes:* a **abordagem utilizada para representar variabilidades em diagramas SPEM** é um fator com dois tratamentos, sendo eles *SMartySPEM* e *vSPEM*. O **modelo de referência COMPETISOFT** (Oktaba et al., 2008) é uma variável pré-fixada.
2. *Variáveis Dependentes:* a **compreensão de diagrama (DigC)** e a **compreensão do mecanismo de variabilidade (VMeC)** são duas variáveis dependentes baseadas em três medidas:
 - (a) **corretude das respostas e corretude das modificações** (variáveis discretas, medidas entre 0 e 10) (CORR) para cada bloco de questões respondidas pelos participantes.
 - (b) **tempo gasto (TIME)** por cada participante para responder três questões dissertativas para cada diagrama da tarefa recebida e para realizar três modificações com base no mesmo diagrama. O procedimento foi realizado para as abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM* (variável discreta, calculada em segundos).
 - (c) **eficiência (EFF)** definida com a razão entre a corretude e o tempo gasto (variável contínua)

Com base nos objetivos deste estudo, a **corretude (CORR)** das respostas dos participantes pode ser considerada a métrica mais importante. Ao observar a **corretude** dessas

respostas, é possível analisar a importância da abordagem em questão (*SMartySPEM* ou *vSPEM*) com relação ao suporte para representar claramente variabilidades em LPrS e auxiliar na derivação de processos de software customizados.

3.4 Execução do Estudo

Nesta seção são apresentadas as etapas executadas para a obtenção dos resultados deste estudo empírico quantitativo. Os procedimentos listados abaixo seguiram a ordem cronológica das ações que foram executadas um dia após a realização do treinamento:

1. o experimentador/pesquisador distribui o termo de consentimento e o questionário de caracterização para cada participante;
2. o participante faz a leitura do termo, esclarece possíveis dúvidas e assina o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE);
3. o participante faz a leitura do Questionário de Caracterização, esclarece possíveis dúvidas, preenche suas informações e entrega ao experimentador/pesquisador juntamente com o termo de consentimento;
4. o participante recebe os resumos das abordagens e do modelo de referência utilizado no estudo;
5. o experimentador/pesquisador distribui para cada um dos participantes, de forma aleatória, o documento A1 ou A2, contendo as tarefas do experimento;
6. o experimentador/pesquisador explica como resolver as tarefas dos documentos distribuídos, destaca a importância de preencher a hora de início e fim da execução de cada tarefa do documento e esclarece possíveis dúvidas dos participantes;
7. o experimentador/pesquisador inicia a execução do estudo e fica disponível para responder a possíveis dúvidas, além de manter o ambiente livre de interações; e
8. o participante finaliza as tarefas do documento recebido, entrega ao experimentador/pesquisador e se retira da sala.

Após a análise dos documentos entregues, foi verificado que, um dos participantes não havia preenchido a hora de início e fim de uma das tarefas do estudo. Isso causou a rejeição deste documento. Dessa forma, onze amostras de onze participantes foram analisadas, conforme apresentado na próxima seção.

3.5 Análise e Interpretação dos Resultados

3.5.1 Dados Coletados e Estatística Descritiva

As medidas CORR, TIME e EFF foram analisadas e calculadas da seguinte forma:

1. tempo gasto (TIME), para cada bloco de três tarefas, essa medida foi calculada entre a diferença da hora inicial e final, convertida em segundos;
2. corretude (CORR), para cada tarefa foi avaliada uma escala de 0 a 10 pontos, onde cada bloco de três tarefas poderia ter no máximo 30 pontos. O primeiro bloco avaliou a compreensão do diagrama relacionado de forma dissertativa, recebendo 0 ponto para cada tarefa com resposta incorreta e 10 pontos para cada tarefa com resposta correta. O segundo bloco, relacionado ao mesmo diagrama do primeiro bloco, envolvia a derivação de um fragmento de processo ao resolver as variabilidades pedidas na tarefa. A avaliação foi relacionada à compreensão do mecanismo de variabilidade utilizado e poderia ter uma pontuação de no máximo 30 pontos, sendo 0 à 10 pontos para cada tarefa, com base na corretude das derivações.
3. eficiencia (EFF), foi obtida pela fórmula ($EFF = CORR/TIME$)

As análises descritivas e estatísticas foram baseadas nas três medidas (EFF, CORR e TIME) e realizadas por meio da ferramenta *IBM SPSS Statistics*¹. Os dados dos 11 participantes do estudo geraram 44 dados de análise.

A Tabela - 3.2 e a Tabela - 3.3 apresentam o desempenho de cada participante para cada um dos 4 diagramas utilizados no estudo. Cada diagrama é representado em um linha das tabelas. As colunas DigC_CORR, DigC_TIME e DigC_EFF são referentes à compreensibilidade dos diagramas (DigC). As colunas VMeC_CORR, VMeC_TIME e VMeC_EFF são referentes à compreensibilidade dos mecanismos de variabilidade (VMeC).

Para analisar os dados da Tabela - 3.2 e da Tabela - 3.3, foram criados 6 *boxplots*. Os resultados da corretude (DigC_CORR e VMeC_CORR), tempo gasto (DigC_TIME e VMeC_TIME) e eficiência (DigC_EFF e VMeC_EFF) foram considerados.

No *boxplot* da Figura - 3.3 é possível verificar que as respostas dos participantes para a compreensão dos diagramas de *SMartySPEM* foi superior à *vSPEM* já que existe menor dispersão dos dados, maior média e mediana.

Analisando o *boxplot* da Figura - 3.4, verifica-se que a média do tempo para responder perguntas relacionadas aos diagramas de *SMartySPEM* é praticamente o mesmo em

¹<http://www-03.ibm.com/software/products/pt/spss-statistics>

Tabela 3.2: Valores observados em relação aos participantes do estudo.

P#	Exercício	Abordagem	Atividade	DigC _CORR	DigC _TIME	DigC _EFF	VMeC _CORR	VMeC _TIME	VMeC _EFF
1	A2	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_2	30	120	0,25	21	420	0,05
1	A2	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_4	30	120	0,25	30	300	0,1
1	A2	vSPEM	vSPEM_1	10	60	0,166667	30	480	0,0625
1	A2	vSPEM	vSPEM_3	30	240	0,125	30	420	0,071429
2	A2	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_2	30	240	0,125	24	840	0,028571
2	A2	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_4	30	120	0,25	30	300	0,1
2	A2	vSPEM	vSPEM_1	30	120	0,25	30	720	0,041667
2	A2	vSPEM	vSPEM_3	20	60	0,333333	20	480	0,041667
3	A1	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_1	30	180	0,166667	30	480	0,0625
3	A1	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_3	20	360	0,055556	28	540	0,051852
3	A1	vSPEM	vSPEM_2	10	120	0,083333	12	360	0,033333
3	A1	vSPEM	vSPEM_4	20	120	0,166667	30	300	0,1
4	A1	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_1	20	120	0,166667	30	540	0,055556
4	A1	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_3	30	180	0,166667	30	420	0,071429
4	A1	vSPEM	vSPEM_2	30	120	0,25	30	480	0,0625
4	A1	vSPEM	vSPEM_4	30	60	0,5	30	240	0,125
5	A2	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_2	20	240	0,083333	27	660	0,040909
5	A2	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_4	30	120	0,25	30	480	0,0625
5	A2	vSPEM	vSPEM_1	20	240	0,083333	30	540	0,055556
5	A2	vSPEM	vSPEM_3	20	180	0,111111	30	540	0,055556
6	A1	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_1	30	60	0,5	30	480	0,0625
6	A1	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_3	30	120	0,25	30	420	0,071429
6	A1	vSPEM	vSPEM_2	30	120	0,25	26	360	0,072222
6	A1	vSPEM	vSPEM_4	30	40	0,75	30	120	0,25

Tabela 3.3: Valores observados em relação aos participantes do estudo (continuação).

P#	Exercício	Abordagem	Atividade	DigC _CORR	DigC _TIME	DigC _EFF	VMeC _CORR	VMeC _TIME	VMeC _EFF
7	A1	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_1	20	300	0,066667	26	660	0,039394
7	A1	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_3	10	180	0,055556	20	480	0,041667
7	A1	vSPEM	vSPEM_2	10	420	0,02381	11	900	0,012222
7	A1	vSPEM	vSPEM_4	10	60	0,166667	13	240	0,054167
8	A1	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_1	30	240	0,125	30	540	0,055556
8	A1	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_3	30	120	0,25	30	300	0,1
8	A1	vSPEM	vSPEM_2	30	180	0,166667	26	480	0,054167
8	A1	vSPEM	vSPEM_4	30	60	0,5	30	240	0,125
9	A2	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_2	30	180	0,166667	29	900	0,032222
9	A2	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_4	30	60	0,5	30	300	0,1
9	A2	vSPEM	vSPEM_1	20	480	0,041667	26	540	0,048148
9	A2	vSPEM	vSPEM_3	20	120	0,166667	30	360	0,083333
10	A2	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_2	30	360	0,083333	28	720	0,038889
10	A2	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_4	30	180	0,166667	30	420	0,071429
10	A2	vSPEM	vSPEM_1	10	300	0,033333	30	780	0,038462
10	A2	vSPEM	vSPEM_3	20	300	0,066667	30	480	0,0625
11	A1	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_1	30	40	0,75	30	540	0,055556
11	A1	<i>SMartySPEM</i>	SMartySPEM_3	30	240	0,125	25	720	0,034722
11	A1	vSPEM	vSPEM_2	30	120	0,25	26	600	0,043333
11	A1	vSPEM	vSPEM_4	30	120	0,25	28	300	0,093333

relação à *vSPEM*. Entretanto, a dispersão dos dados mostra que para *vSPEM* esse tempo pode ser menor.

Ao analisar a eficiência de *SMartySPEM* e *vSPEM* para a compreensibilidade dos diagramas, conforme a Figura - 3.5, verifica-se que os resultados são parecidos, levando

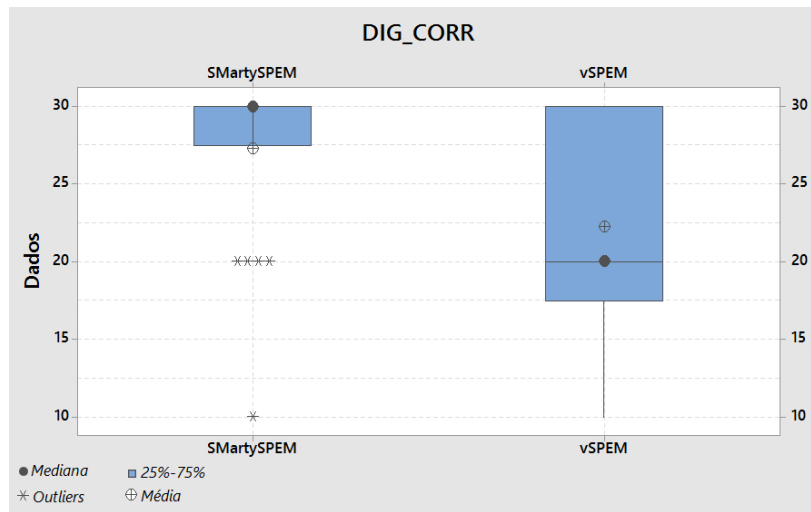


Figura 3.3: *Boxplot* da medida DIG_CORR.

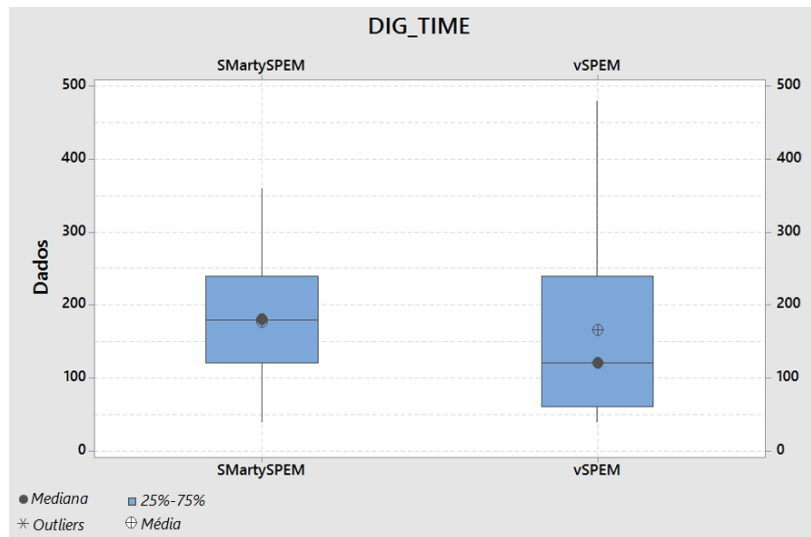


Figura 3.4: *Boxplot* da medida DIG_TIME.

em conta que uma das abordagens se sobressai na corretude das respostas e a outra no tempo gasto.

Em relação à compreensão dos mecanismos de variabilidade, o *boxplot* da Figura - 3.6 aponta que as respostas dos participantes para *SMartySPEM* foi semelhante à *vSPEM*. Para *SMartySPEM* a média é levemente superior, enquanto que a dispersão é levemente menor.

Analisando o *boxplot* da Figura - 3.7, é possível verificar que a média do tempo para responder perguntas relacionadas ao mecanismo de variabilidade de *SMartySPEM* é

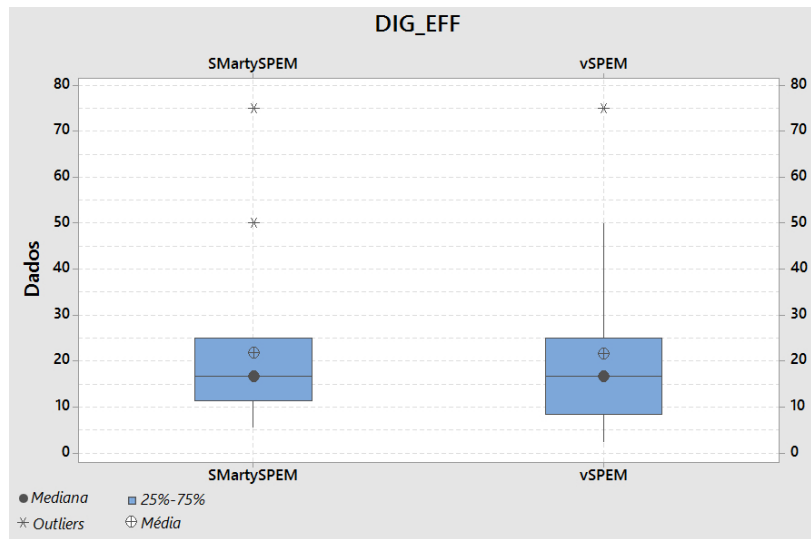


Figura 3.5: *Boxplot* da medida DIG_EFF.

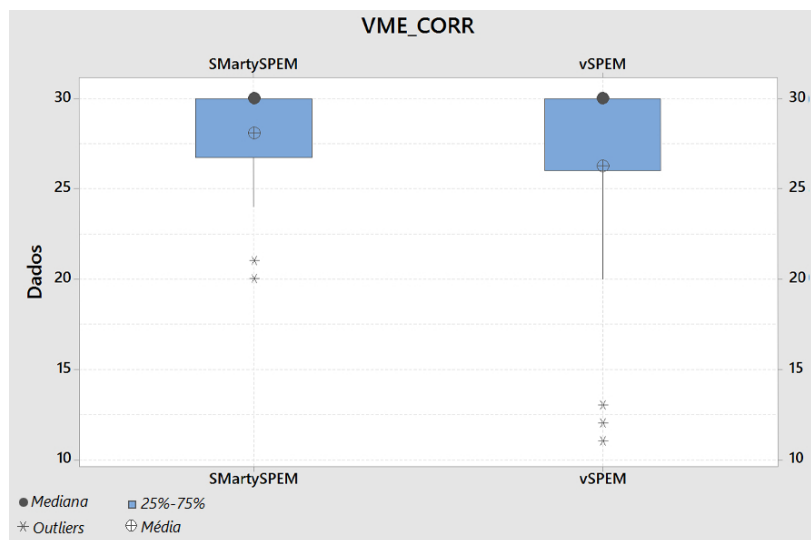


Figura 3.6: *Boxplot* da medida VME_CORR.

superior à *vSPEM*. A dispersão dos dados também aponta que para *vSPEM* esse tempo pode ser inferior.

Sobre a eficiência de *SMartySPEM* e *vSPEM* para a compreensibilidade dos mecanismos de variabilidade, podemos verificar pelo *boxplot* da Figura - 3.8 que os resultados não são muito divergentes, embora *vSPEM* apresente uma eficiência levemente superior.

As estatísticas descritivas relacionadas à compreensão dos diagramas são apresentadas na Tabela - 3.4. A análise da compreensão dos mecanismos de variabilidade são apresentadas na Tabela - 3.5.

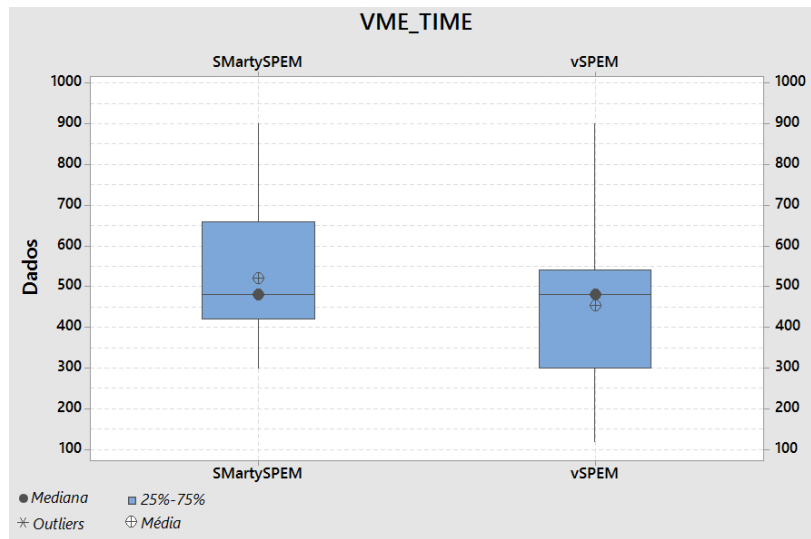


Figura 3.7: *Boxplot* da medida VME_TIME.

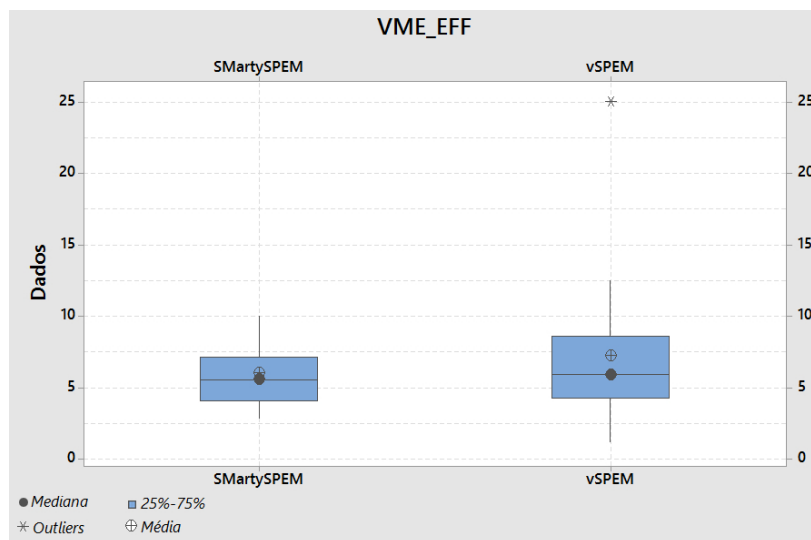


Figura 3.8: *Boxplot* da medida VME_EFF.

Tabela 3.4: Estatística descritiva da compreensão dos diagramas (TIME dividido por 20 e EFF multiplicado por 100)

Variáveis	SMartySPEM		vSPEM	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Corretude (CORR)	27,27273	5,50482	22,2727	8,12510
Tempo (TIME)	176,3636	89,15185	165,4545	119,39240
Eficiência (EFF)	0,2183	0,1689	0,2152	0,1767

Ao analisar a métrica de compreensão dos diagramas, conforme Tabela - 3.4, observa-se que, em média, os participantes levaram 10,9 segundos (176,3636 para SMartySPEM e

Tabela 3.5: Estatística descritiva da compreensão dos mecanismos de variabilidade

Variáveis	SMartySPEM		vSPEM	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Corretude (CORR)	28,0909	3,05363	26,2727	6,31085
Tempo (TIME)	520,9091	170,09547	452,7273	188,58323
Eficiência (EFF)	0,0603	0,0229	0,0721	0,0486

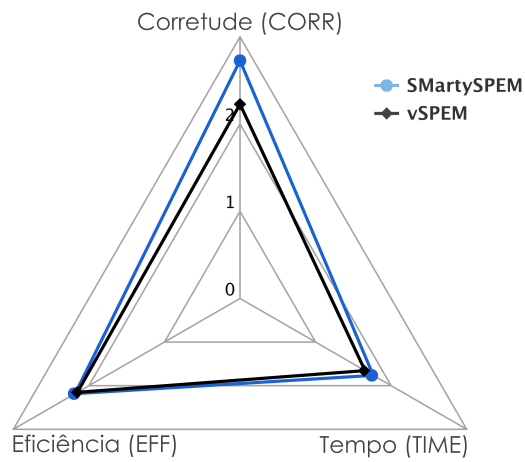
165,4545 para vSPEM) a mais para compreender e responder as tarefas relacionados aos diagramas da abordagem *SMartySPEM*. Dessa forma a compreensão dos diagramas *SMartySPEM* levou 6,59% mais tempo em relação aos diagramas de *vSPEM*. Entretanto, a corretude das tarefas relacionados à *SMartySPEM* foi 18,33% maior. Embora isso gere uma eficiência 1,42% superior, não pode ser considerado um valor significativo como a corretude das respostas relacionadas à *SMartySPEM*.

Com relação à métrica de compreensão dos mecanismos de variabilidades (Tabela - 3.5), a corretude das respostas referentes à abordagem *SMartySPEM* foi 6,47% maior em relação à *vSPEM*. Entretanto, a eficiência relacionada à *SMartySPEM* foi 16,36% menor. Esse valor está diretamente relacionado ao fato dos participantes terem levado, em média, 13,08% mais tempo para responder tarefas de derivação de fragmentos de processos para a abordagem *SMartySPEM*.

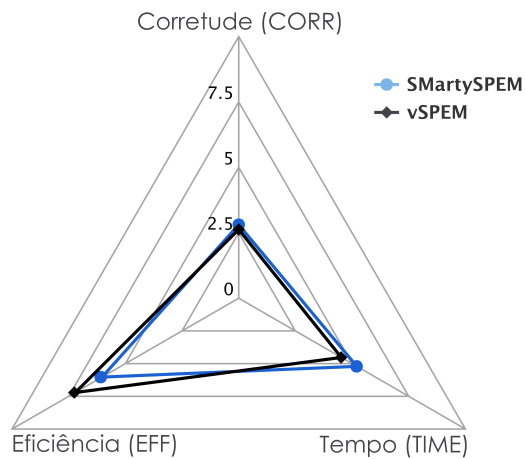
Analisando os resultados, se pode observar que, embora o tempo gasto para a compreensão de diagramas e do mecanismo de variabilidade seja maior para *SMartySPEM*, a corretude das respostas referentes foi melhor nos blocos de tarefas aplicadas. Ainda, o desvio padrão para as respostas de *SMartySPEM* foi menor se comparado à *vSPEM*, o que pode indicar maior previsibilidade de *SMartySPEM*.

Com relação à eficiência na compreensão de diagramas, embora tenha sido superior para *SMartySPEM*, acaba contrastando com a melhor eficiência de *vSPEM* para compreensão do mecanismo de variabilidade. Entretanto, a complexidade dos diagramas de *SMartySPEM* pode ter influenciado no tempo gasto (TIME), considerando que o mecanismo de variabilidade proposto por essa abordagem suporta mais recursos para a representação de variabilidades, com um maior número de elementos e diretrizes relacionadas.

A Figura - 3.9(a) e a Figura - 3.9(b) apresentam uma visão mais ampla em relação as variáveis de tempo gasto (TIME), corretude (CORR) e eficiência (EFF) com base nos valores da Tabela - 3.4 e Tabela - 3.5, respectivamente. Os valores foram linearizados para uma escala entre 1 e 10 para favorecer a análise.



(a) Análise da compreensão de diagramas (Valores convertidos para a escala de 0-10)



(b) Análise da compreensão dos mecanismos de variabilidade (Valores convertidos para a escala de 0-10)

Figura 3.9: Comparação das variáveis CORR, TIME e EFF

3.5.2 Teste de Normalidade e de Hipótese

O teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov* foi realizado sobre os dados observados para apoiar na escolha entre o teste de hipótese paramétrico ou não-paramétrico. Os resultados desse teste são apresentados na Tabela - 3.6 para a métrica de compreensão

de diagramas e na Tabela - 3.7 para a métrica de compreensão dos mecanismos de variabilidade.

Tabela 3.6: Teste de Normalidade para a Compreensão de Diagramas

Variáveis	Kolmogorov-Smirnov	Dist. Normal?	Teste de Hipótese
Corretude (CORR)	Z	0,3764	Não
	Sig.	0,0000	
Tempo (TIME)	Z	0,2328	Não
	Sig.	0,0000	
Eficiência (EFF)	Z	0,2638	Não
	Sig.	0,0000	

Tabela 3.7: Teste de Normalidade para a Compreensão dos Mecanismos de Variabilidade

Variáveis	Kolmogorov-Smirnov	Dist. Normal?	Teste de Hipótese
Corretude (CORR)	Z	0,3050	Não
	Sig.	0,0000	
Tempo (TIME)	Z	0,1570	Não
	Sig.	0,0081	
Eficiência (EFF)	Z	0,2098	Não
	Sig.	0,0000	

Podemos observar na Tabela - 3.6 e na Tabela - 3.7 que todas as amostras foram testadas como não-normais, dessa forma o teste de hipótese não-paramétrico de *Mann-Whitney* foi escolhido com base no número de fatores e tratamentos do experimento. Os resultados desse teste são apresentados na Tabela - 3.8 para a métrica de compreensão de diagramas e na Tabela - 3.9 para a métrica de compreensão dos mecanismos de variabilidade.

De acordo com a significância do valor de p , representado na Tabela - 3.8 como *Sig.*, se pode observar que o valor de p é maior que α ($p > \alpha = 0,05$) para TIME e EFF. Entretanto, o valor de p é menor que 0,05 ($p < 0,05$) para CORR.

Com base nos dados apresentados, se pode assumir que, para TIME e EFF, a hipótese nula **H0DigC** não pode ser rejeitada, uma vez que com $\alpha = 0,05$, não existe diferença estatística significativa entre a compreensão de diagramas *SMartySPEM* e *vSPEM* com relação às variáveis TIME e EFF. Por outro lado, se pode observar que, para a variável CORR, o valor de p foi abaixo de 0,05, sugerindo a rejeição da hipótese nula **H0DigC**, pois $0,0237 < 0,05$. Assim, a hipótese alternativa **H1DigC** foi aceita, indicando que a corretude de diagramas *SMartySPEM* (Mann-Whitney - Soma do Rank = 578,5) foi superior quando comparada com diagramas *vSPEM* (Mann-Whitney - Soma do Rank = 411,5). Isso corrobora com as análises da estatística descritiva na Seção 3.5.

Tabela 3.8: Teste *Mann-Whitney U* para a Compreensão de Diagramas

Variáveis	Mann-Whitney	Ranks			
		Abordagem	Média	Soma	
Corretude (CORR)	U	158,50	vSPEM	18,70	411,50
	Sig.	0,0237	<i>SMartySPEM</i>	26,30	578,50
Tempo (TIME)	U	204,50	vSPEM	20,80	457,50
	Sig.	0,3664	<i>SMartySPEM</i>	24,20	532,50
Eficiência (EFF)	U	235,00	vSPEM	22,18	488,00
	Sig.	0,8675	<i>SMartySPEM</i>	22,82	502,00

Tabela 3.9: Teste *Mann-Whitney U* para a Compreensão dos Mecanismos de Variabilidade

Variáveis	Mann-Whitney	Ranks			
		Abordagem	Média	Soma	
Corretude (CORR)	U	227,00	vSPEM	21,82	480,00
	Sig.	0,6924	<i>SMartySPEM</i>	23,18	510,00
Tempo (TIME)	U	190,50	vSPEM	20,16	443,50
	Sig.	0,2227	<i>SMartySPEM</i>	24,84	546,50
Eficiência (EFF)	U	216,00	vSPEM	23,68	521,00
	Sig.	0,5404	<i>SMartySPEM</i>	21,32	469,00

Para a métrica de compreensão dos mecanismos de variabilidade, todos os valores de p para CORR, TIME e EFF foram maiores que α ($p > \alpha = 0,05$) (veja Tabela 3.9). Isso indica que a hipótese nula **H0VMeC** não pode ser rejeitada. Dessa forma, a compreensão dos mecanismos de variabilidade de ambas abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM* é estatisticamente igual. De fato, as análises estatísticas descritivas (Seção 3.5) indicam tal interpretação. Os valores médios para essas três variáveis são próximos, dessa forma não existe poder estatístico suficiente para rejeitar **H0VMeC**.

Com base nos objetivos deste estudo, a **corretude** (CORR) das respostas dos participantes pode ser considerada a métrica mais importante analisada. Apesar da métrica **tempo gasto** (TIME) ser necessária para analisar a **eficiência** (EFF) do uso das abordagens, a **corretude** (CORR) pode explicar melhor a assimilação do usuário com relação à **compreensão de diagrama** (DigC) e a **compreensão do mecanismo de variabilidade** (VMeC) das abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM*.

Os resultados apontaram que a **corretude** (CORR) das respostas dos participantes foi superior para *SMartySPEM*, tanto para a **compreensão de diagrama** (DigC) quanto para a **compreensão do mecanismo de variabilidade**. Entretanto, não se pode generalizar estatisticamente esta evidência inicial. Dessa forma, seguindo a Estratégia Explanatória Sequencial baseada em Métodos Mistos de pesquisa, um novo estudo foi

planejado e executado com o objetivo de explicar os resultados deste estudo quantitativo, do ponto de vista de especialistas da área. Os detalhes são apresentados no Capítulo 4 desta dissertação.

3.6 Avaliação de Validade do Estudo

Nesta seção discutimos as principais ameaças à validade do estudo.

3.6.1 Ameaças à Validade Interna

A principal ameaça interna observada foi a duração do experimento. A sessão de treinamento durou aproximadamente 50 minutos, assim como a realização do experimento que durou em média 50 minutos. Embora a sessão de treinamento e as tarefas do experimento tenham sido realizadas em diferentes dias, não houve pausas, possibilitando um possível efeito de fadiga aos participantes com relação à quantidade de informação.

Com relação ao ambiente de realização do estudo, embora todos os participantes tenham sido colocados na mesma sala, não houve qualquer tipo de comunicação entre eles. Uma pessoa ficou responsável por observar e acompanhar o estudo, o que reduz a ameaça de interação dos participantes durante a realização do experimento.

Uma ameaça considerada poderia ser o efeito do treinamento sobre os resultados do estudo. Entretanto, as duas abordagens comparadas foram apresentadas e praticadas durante a sessão de treinamento de forma similar, aplicando os mesmos exercícios para cada diagrama modelado com as duas abordagens. Dessa forma, um possível favorecimento das abordagens pôde ser evitado.

3.6.2 Ameaças à Validade Externa

Uma importante ameaça identificada neste estudo foi a representatividade dos participantes. Como pequenas amostras foram obtidas, não se pode afirmar que houve heterogeneidade, reduzindo, assim, a representatividade dos participantes. Trabalhos futuros poderão ser realizados para replicar este estudo a fim de utilizar amostras maiores e diversificadas.

3.6.3 Ameaças à Validade de *Constructo*

A principal ameaça à validade de *constructo* observada foi o comportamento dos participantes. Pré-testes poderiam ter sido realizados por observadores para familiarizar

os participantes com o ambiente do experimento. No entanto, isso poderia ter afetado o desempenho ou influenciado os participantes, portanto, esses pré-testes foram descartados.

Os dados extraídos para cada variável do estudo (*TIME*, *EFF* e *CORR*) podem ter sofrido discrepância caso o registro exato dos tempos no início e final de cada bloco de tarefas tenham sido marcados de forma incorreta. Para evitar essa ameaça, durante o estudo, os participantes foram lembrados, com avisos regulares, sobre a importância desse registro.

3.6.4 Ameaças à Validade de Conclusão

Levando em consideração o número reduzido de participantes, os dados extraídos foram considerados como indicadores e não conclusivos. No entanto, de acordo com Wohlin et al. (2000), nem sempre é possível obter amostras representativas. Nesse sentido, mesmo com amostras pequenas e com a heterogeneidade do conhecimento dos participantes deste estudo, os resultados podem ser considerados importantes para a comparação de abordagens como *SMartySPEM* e *vSPEM*.

Sobre o uso de estudantes para realização deste estudo, não se pode considerar isso uma ameaça. Estudos recentes como Feitelson (2015); Salman et al. (2015); Svahnberg et al. (2008), apresentam resultados satisfatórios em relação ao uso de estudantes em experimentos, de forma a extrair amostras de qualidade em relação à população estudada, principalmente para a área da engenharia de software.

3.7 Considerações Finais

Neste capítulo, um estudo empírico quantitativo foi apresentado, comparando as abordagens *vSPEM* e *SMartySPEM*. O objetivo foi comparar a compreensão de diagramas e dos mecanismos de variabilidade dessas abordagens por meio das medidas de corretude, tempo gasto e eficiência. Além disso, como objetivo mais específico, o estudo foi utilizado para identificar possíveis pontos de evolução para a abordagem *SMartySPEM*.

Os resultados apresentaram evidências iniciais de que usuários podem levar mais tempo para compreender diagramas modelados com *SMartySPEM* em relação à *vSPEM*. No entanto, a corretude de atividades relacionadas a esses diagramas é superior quando comparado com diagramas baseados em *vSPEM*. Nesse sentido, a eficiência entre as abordagens para a compreensibilidade de diagramas apresentou uma baixa discrepância estatística. Com relação aos mecanismos de variabilidade, diagramas modelados com *SMartySPEM* apresentaram menor eficiência quando comparado à *vSPEM*. Esse dado

pode ser explicado, pois mais tempo é necessário para analisar e resolver variabilidades nesses diagramas. Por outro lado, a corretude dos diagramas gerados se mostrou superior para *SMartySPEM* em relação à *vSPEM*. Entretanto, com base nos dados estatísticos, não se pode concluir que existe diferença estatística significativa entre os mecanismos de variabilidade de *SMartySPEM* e *vSPEM*.

Com relação à *SMartySPEM*, foi evidenciada a necessidade de diminuir a complexidade da abordagem a fim de facilitar seu uso e aumentar a eficiência. Como a eficiência tem relação direta com o tempo gasto na derivação de processos específicos, foram propostas melhorias à *SMartySPEM*.

Assim como Dias e Oliveira Jr (2016) e Dias et al. (2016) apresentaram resultados positivos sobre a efetividade de *SMartySPEM* em relação a abordagem composicional, representada pelo EPF, e evidenciando a necessidade de novos estudos, neste capítulo foram apresentadas novas evidências sobre essa efetividade ao comparar duas abordagens anotativas, representadas por *SMartySPEM* e *vSPEM*. Esses resultados são importantes para contribuir para a adoção dessas abordagens na indústria e motivar o desenvolvimento de novos estudos relacionados.

Com os resultados obtidos neste estudo foi possível realizar o planejamento do próximo passo da Estratégia Explanatória Sequencial seguida nesta dissertação. Para isso, foi necessário a definição da questão de pesquisa que guiou o estudo qualitativo apresentado no próximo capítulo. A intenção é mitigar as diferenças entre os mecanismos de variabilidade das abordagens e, possivelmente, outro critério clássico de literatura.

Estudo Qualitativo de SMartySPEM

4.1 Considerações Iniciais

O Capítulo 3 apresentou um estudo quantitativo comparando as abordagens anotativas *SMartySPEM* e *vSPEM* com relação a compreensibilidade de diagramas e mecanismos de variabilidade dessas abordagens. Evidências iniciais apontaram resultados significativos em termos de corretude nas atividades relacionadas à *SMartySPEM*. Entretanto, por conta da complexidade dos diagramas, *SMartySPEM* não apresentou uma eficiência estatisticamente superior nas atividades realizadas se comparado a abordagem *vSPEM*.

Embora não tenha sido possível concluir estatisticamente que existe diferença significativa entre os mecanismos de variabilidade de *SMartySPEM* e *vSPEM*, os resultados do estudo quantitativo do Capítulo 3 forneceram evidências iniciais que necessitam ser exploradas. Dessa forma, este capítulo apresenta um estudo qualitativo que busca explicar os resultados apresentados no estudo anterior como, por exemplo, o que leva a corretude de tarefas baseadas em *SMartySPEM* ser superior à *vSPEM*.

Seguindo a Estratégia Explanatória Sequencial, se pode identificar neste momento a questão de pesquisa que guiará o estudo qualitativo apresentado neste capítulo. Apoiado pela ideia de que *SMartySPEM* pode oferecer melhores evidências sobre sua eficiência como abordagem que auxilia na gerência sistemática de variabilidade em LPrS, a seguinte questão de pesquisa foi definida: “Com base na experiência de especialistas, é possível explicar qualitativamente quais características de *SMartySPEM* podem ser consideradas efetivas para realizar a gerência sistemática de variabilidade em LPrS e apontar possíveis pontos de evolução?”.

O estudo qualitativo apresentado neste capítulo teve como objetivo avaliar qualitativamente as abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM*. Para isso, foram adotados alguns critérios de análise baseados em alguns estudos empíricos relevantes que realizam análises de abordagens nas áreas de LPS (Kästner e Apel, 2008) e LPrS (Aleixo et al., 2012; Dias e OliveiraJr, 2016; Dias et al., 2016). Os critérios são: Gerência Sistemática de Variabilidade, Adoção, Detecção de Erros, Granularidade, Modularidade e Rastreabilidade. O critério de Gerência Sistemática de Variabilidade surge naturalmente como desdobramento do estudo do Capítulo 3. Os demais critérios são importantes do ponto de vista comparativo entre as abordagens anotativas e se mostraram oportunas de serem analisadas.

As definições dos critérios de análise, adotados neste estudo, são apresentadas a seguir:

- o critério de Gerência Sistemática de Variabilidade analisa o mecanismo oferecido pela abordagem com a função de representar variabilidades em modelos de processo de software;
- o critério de Modularidade visa analisar o grau de modularização de elementos de processos associados para representação de modelos de processos, facilitando entendimento, manutenção e evolução de LPrS;
- o critério de Rastreabilidade analisa a dificuldade de mapeamento de elementos do processo;
- o critério de Detecção de Erros analisa quão eficiente é a abordagem no sentido de apoiar a identificação de erros nas associações entre elementos de processos;
- o critério Granularidade tem como objetivo avaliar o suporte da abordagem na representação de variabilidade em granularidades grossa e fina, aplicando conceitos de encapsulamento em diferentes níveis; e
- o critério de Adoção discute a dificuldade de adoção da abordagem, analisando a quantidade de pré-conhecimento que se deve ter para a aplicação da abordagem.

4.2 Definição do Estudo

Com base no modelo *Goal-Question-Metric (GQM)* (Basili e Rombach, 1988; Juristo e Moreno, 2010; Wohlin et al., 2000), o objetivo geral deste estudo empírico foi **comparar** as abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM* **com o propósito de** evidenciar a viabilidade

dessas abordagens **em relação aos** critérios de Gerência Sistemática de Variabilidade, Modularidade, Rastreabilidade, Detecção de Erros, Adoção e Granularidade **do ponto de vista de** especialistas na área de engenharia de software **no contexto de** pesquisadores da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Universidade de São Paulo (USP) e *University of York* do Reino Unido.

4.3 Planejamento do Estudo

As etapas correspondentes ao planejamento deste estudo empírico qualitativo são apresentadas a seguir. Essas etapas, assim como a execução, seguem as recomendações e *templates* experimentais de Juristo e Moreno (2010) e Wohlin et al. (2000).

Projeto Piloto

Um estudo piloto foi realizado com o objetivo de avaliar a instrumentação definida para este estudo. Um mestrando em Ciência da Computação foi convidado para avaliar o treinamento e responder as tarefas definidas para o experimento. Dessa forma, a instrumentação foi ajustada para evitar ameaças ao estudo. Os dados obtidos no projeto piloto não foram utilizados como resultados deste estudo empírico.

Treinamento

O treinamento dos especialistas incluiu o aprendizado sobre os conceitos de LPrS, *SPEM*, *vSPEM*, *SMartySPEM* e uma explicação sobre os 6 critérios de análise. A duração média do treinamento foi de 45 minutos, incluindo a apresentação dos materiais utilizados e as etapas do estudo. Todos os treinamentos foram realizados de forma individual e *online*, utilizando um vídeo gravado para apresentação das abordagens e conceitos envolvidos, para que todos os participantes pudessem receber o mesmo treinamento. Durante a exibição do vídeo o experimentador/pesquisador esteve disponível para esclarecer possíveis dúvidas.

Especialistas

Os especialistas convidados para participar do estudo foram cuidadosamente selecionados pela experiência na área de Engenharia de Software, LPS, LPrS e afins. Entre os especialistas convidados, sete puderam participar. Foram selecionados três pesquisadores da Universidade Estadual de Maringá (UEM) e os demais do Instituto Federal de

Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Universidade de São Paulo (USP) e *University of York* do Reino Unido.

A Tabela - 4.1 apresenta a formação acadêmica e os conhecimentos de cada participante em relação aos conceitos utilizados neste estudo. As classificações apresentadas seguem as descrições à seguir:

1. **Formação Acadêmica:** Graduando(a) (Gn), Graduado(a) (Gr), Pós-graduando(a) (Pn), Pós-graduado(a) (Pr), Mestrando(a) (Mn), Mestre (Ms), Doutorando(a) (Dn), Doutor(a) (Dr);
2. **Experiência com UML:** Nenhuma (1), Básica (2), Moderada (3), Avançada (4);
3. **Experiência com LPrS e Variabilidade:** Nenhuma (1), Superficial (2), Básica (3), Moderada (4), Avançada (5)

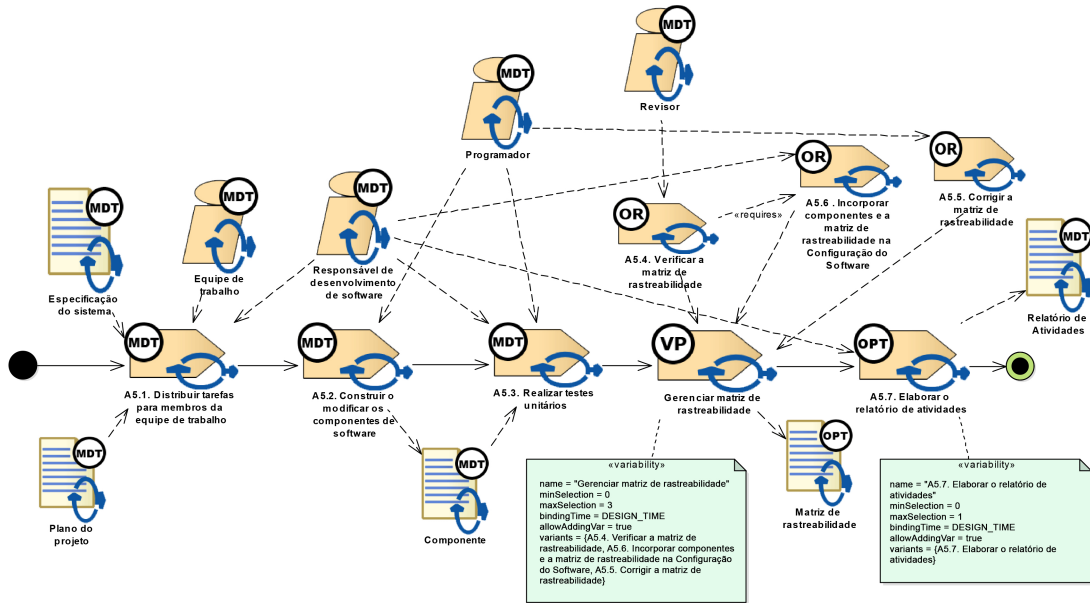
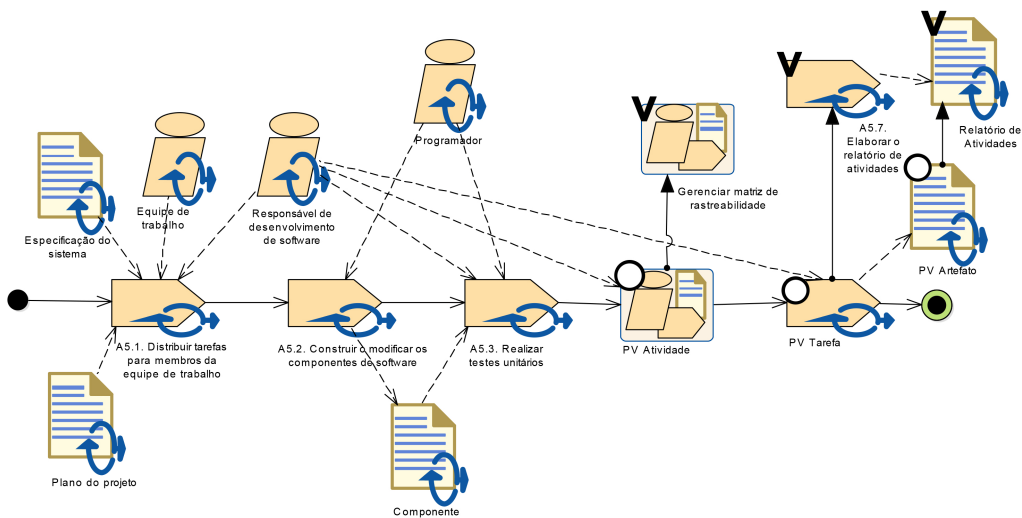
Tabela 4.1: Dados de Caracterização dos Especialistas.

Id do Participante	Formação Acadêmica	Experiência com UML	Experiência com LPrS
Id 1	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn() Ms(X) Dn() Dr()	4	4
Id 2	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn() Ms(X) Dn() Dr()	4	5
Id 3	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn(X) Ms() Dn() Dr()	2	3
Id 4	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn() Ms(X) Dn() Dr()	4	4
Id 5	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn(X) Ms() Dn() Dr()	3	2
Id 6	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn() Ms() Dn(X) Dr()	4	4
Id 7	Gn() Gr(), Pn(), Pr(), Mn() Ms() Dn(X) Dr()	4	3

Instrumentação

Sete documentos foram gerados e entregues aos participantes do estudo como material de apoio. Estava incluso um termo de adesão, um questionário de caracterização para coletar a experiência dos especialistas sobre os assuntos abordados, um resumo sobre os conceitos de LPrS e relacionados, um resumo da abordagem *vSPEM*, um resumo da abordagem *SMartySPEM* e um resumo do modelo de referência de processos COMPETISOFT¹. Outros dois documentos foram entregues com modelos obtidos do COMPETISOFT. Um deles com a modelagem da Fase de Construção utilizando *SMartySPEM* (Figura - 4.1(a)) e o outro com a mesma modelagem utilizando *vSPEM* (Figura - 4.1(b)). Esses documentos não possuíam qualquer relação com os exemplos apresentados durante o treinamento com o intuito de reduzir possíveis ameaças à validade do estudo.

¹<http://alarcos.esi.uclm.es/competisoft/>

(a) Fase de Construção modelada com *SMartySPEM*.(b) Fase de Construção modelada com *vSPEM*.**Figura 4.1:** Fase de Construção extraída do Processo de Desenvolvimento de Software definido no COMPETISOFT.

Além desses documentos, foram enviados aos especialistas dois questionários contendo seis perguntas cada. O especialista teria total liberdade para responder no período de 7 a 14 dias. O objetivo era obter a opinião de cada especialista referente aos seis critérios de

avaliação pré-estabelecidos para cada abordagem. Dessa forma, os especialistas deveriam responder as seguintes perguntas:

1. A gerência sistemática de variabilidades analisa o suporte do mecanismo oferecido pela abordagem para representação de variabilidades, você considera o mecanismo de variabilidade da abordagem como suficiente?
2. O critério de modularidade mensura a quantidade de módulos (grupos de elementos de processos) necessários para a representação de uma LPrS, é possível mensurar a modularidade na abordagem?
3. O critério de rastreabilidade permite analisar a dificuldade de mapeamento de elementos do processo, é possível visualizar a rastreabilidade na abordagem?
4. O critério de detecção de erros analisa quão eficiente é a abordagem no sentido de apoiar a identificação de erros de coesão na LPrS e seus elementos, bem como dos processos derivados da LPrS, é possível detectar possíveis erros de coesão na abordagem?
5. O critério granularidade tem como objetivo avaliar o suporte da abordagem na representação de variabilidades em granularidades grossa e fina (nível de abstração), considerando a divisão do processo em pequenas ou grandes partes, é possível avaliar a granularidade na abordagem?
6. O critério de adoção discute a dificuldade de adoção a uma abordagem, analisando a quantidade de pré-conhecimento que se deve ter para a aplicação da abordagem, você teve dificuldade para compreender a abordagem?

A etapa da avaliação das abordagens por meio dos questionários foi conduzida em duas fases, uma para cada abordagem, em dias diferentes. Dessa forma, somente após responder o questionário da primeira abordagem, o especialista teria acesso ao questionário da próxima abordagem. Isso foi necessário para evitar que as respostas de uma abordagem pudessem influenciar na outra. Cada etapa do estudo não demorou mais de 30 minutos em média.

Para reduzir as ameaças à validade de tal estudo, para cada especialista foi alterada a ordem das abordagens avaliadas. Assim, de forma aleatória, metade dos especialistas recebeu o questionário referente a abordagem *SMartySPeM* e a outra metade, *vSPeM*, na primeira etapa. Na segunda etapa, os especialistas receberam o formulário contrário a etapa anterior.

4.4 Execução do Estudo

Nesta seção são apresentadas as etapas para a obtenção dos resultados deste estudo empírico qualitativo. Os procedimentos listados abaixo seguiram a ordem cronológica das etapas que foram executadas:

1. o especialista recebe os documentos necessários ao estudo para preencher;
2. o especialista faz a leitura do termo, esclarece possíveis dúvidas e aceita o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE);
3. o especialista faz a leitura do Questionário de Caracterização de Participante, esclarece possíveis dúvidas, preenche suas informações e o envia para o experimentador/pesquisador;
4. o experimentador/pesquisador ministra o treinamento sobre os conceitos envolvidos e as abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM*;
5. após o treinamento, o experimentador/pesquisador envia os resumos das abordagens e do modelo de referência utilizado no estudo;
6. o experimentador/pesquisador explica o formato dos formulários (questionários) eletrônicos, com o objetivo de esclarecer possíveis dúvidas de preenchimento e quanto ao envio dos mesmos;
7. o experimentador/pesquisador explica a importância de avaliar as abordagens individualmente, sem realizar comparações, de preferência em dias diferentes;
8. o experimentador/pesquisador envia os formulários eletrônicos para o especialista;
9. o especialista responde as perguntas dissertativas e envia o formulário eletrônico para o experimentador/pesquisador.

Neste estudo, os especialistas avaliaram as duas abordagens pois o modelo base foi o *SPEM*. Embora possa indicar uma ameaça à validade, isso foi minimizado ao realizar de forma aleatória a avaliação das abordagens.

4.5 Análise e Interpretação dos Resultados

A análise deste estudo foi conduzida com base nos procedimentos da *Grounded Theory* e *Coding* de acordo com Corbin e Strauss (2008). Foram aplicados na análise dos dados coletados os processos *Open Coding* e *Axial Coding*. Tais processos permitem identificar conceitos iniciais e atribuir códigos para trechos (*excerpts*) de texto interpretados (*Open Coding*), que podem ser agrupados e classificados em categorias (*Axial Coding*) de acordo com uma ideia expressa a fim de elucidar o fenômeno (Corbin e Strauss, 2008). O processo *Selective Coding* não foi utilizado neste estudo, já que o objetivo não foi formalizar uma teoria central.

A ferramenta Dedoose² foi utilizada para auxiliar na organização e análise dos dados coletados. Para cada um dos critérios de avaliação, analisados durante o processo de codificação, foi possível observar que três categorias emergiram: **Totalmente Utilizável**, **Utilizável com Melhorias em Curto Prazo** e **Utilizável com Melhorias em Longo Prazo**. Dessa forma, foram identificados trechos (discutidos a seguir) das respostas de cada um dos especialistas, de acordo com os conceitos mais evidentes relacionados a cada categoria. A Figura - 4.2 ilustra como essa classificação foi organizada.

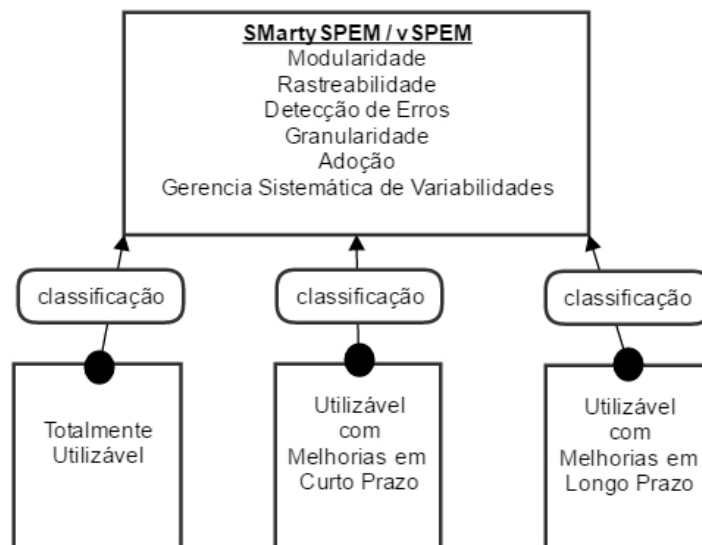


Figura 4.2: Classificação de trechos de respostas para as abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM*.

O Apêndice C desta dissertação lista as respostas dos especialistas que participaram do estudo empírico apresentado neste capítulo. Com base nessas respostas, e os *codings*

²<http://www.dedoose.com/>

extraídos delas, foi possível verificar que o critério de Gerência Sistemática de Variabilidade sofreu uma grande discrepância de avaliação entre as abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM*.

A Figura - 4.3 apresenta uma análise geral relacionada aos trechos das repostas dos especialistas que foram classificados na categoria Totalmente Utilizável. Essa categoria agrupou os trechos que apontaram para o suporte completo da abordagem analisada com relação ao critério avaliado. Ao analisar o critério de Gerência Sistemática de Variabilidade, foi possível verificar uma grande discrepância entre as abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM*. Esse resultado supõe que o mecanismo de variabilidade de *SMartySPEM* possui melhor suporte para Gerência Sistemática de Variabilidade se comparado à *vSPEM*. Essa evidência corrobora com os resultados iniciais do estudo quantitativo apresentado no Capítulo 3 e com os indícios dos trabalhos de Dias et al. (2016) e Dias e Oliveira Jr (2016).

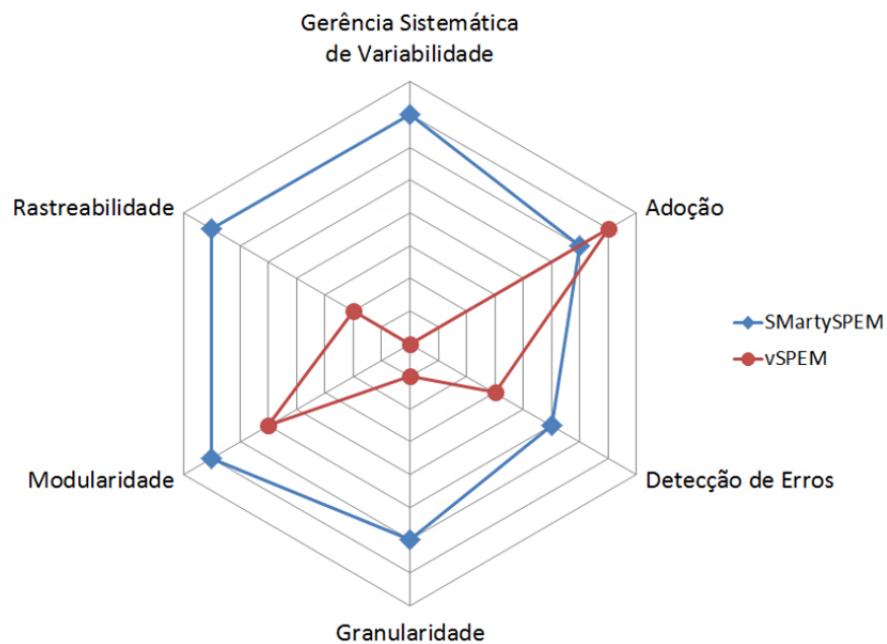


Figura 4.3: Gráfico de radar com os resultados sobre as abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM* com relação aos *codes* classificados na categoria Totalmente Utilizável.

As próximas seções apresentam exemplos de trechos extraídos das respostas dos especialistas. Esses trechos foram categorizados como **Totalmente Utilizável**, **Utilizável com Melhorias em Curto Prazo** ou **Utilizável com Melhorias em Longo Prazo** para cada um dos critérios de análise propostos neste estudo.

4.5.1 Gerência Sistemática de Variabilidade

O critério de Gerência Sistemática de Variabilidade foi o principal ponto de divergência entre as abordagens analisadas. O suporte de *SMartySPEM* para variantes inclusivas e exclusivas, as restrições entre associações e dependências entre elementos foram apontados como fatores favoráveis à *SMartySPEM*. A representação de pontos de variação e variantes suportados por *SMartySPEM* e *vSPEM* apoiam a representação de variabilidades. Entretanto, esses recursos não se mostram suficientes para apoiar a tarefa de gerenciar sistematicamente variabilidades.

Totalmente Utilizável: Para *SMartySPEM* foi identificado o trecho do participante #2 *"Os mecanismos são suficientes e satisfatórios para especificar quais elementos são obrigatórios, opcionais, inclusivos, exclusivos, bem como suas restrições de associações e dependências primordiais."* e o trecho do participante #4 *"A gerência sistemática de variabilidades da SMartySPEM é muito eficiente, pois envolve um mecanismo de modelagem adequado (SPEM) e uma ferramenta de anotação efetiva (SMarty). Os perfis UML da SMarty facilitam bastante o entendimento das variabilidades de forma geral."*. *vSPEM* não obteve classificação nessa categoria.

Utilizável com Melhorias em Curto Prazo: O trecho do participante #7 *"Comparado com a SMartySPEM, acho que essa abordagem tem menos mecanismos."* foi categorizado para *vSPEM*.

Utilizável com Melhorias em Longo Prazo: A síntese do resultado relacionado à *vSPEM* pode ser realizada pelo trecho do participante #2: *"Os mecanismos não são suficientes considerando que não posso especificar quais elementos são obrigatórios, opcionais, inclusivos, exclusivos, bem como suas restrições de associações... vSPEM gera dúvidas.. a derivação de novas LPrS ficam comprometidas e propensas a erros básicos.."*.

4.5.2 Modularidade

Analisando os trechos referentes ao critério de Modularidade para *SMartySPEM* e *vSPEM*, a maioria foi classificada na categoria Totalmente Utilizável. Isso pode ter relação com os recursos oferecidos pelo metamodelo *SPEM*, o qual as duas abordagens são baseadas. Entretanto, novos estudos se fazem necessários para evidenciar o suporte dessas abordagens para LPrS mais robustas, com diversos elementos de processos.

Totalmente Utilizável: Para *SMartySPEM*, um dos trechos classificados nessa categoria foi o trecho do participante #4 *"..SMartySPEM não evoluiu significativamente em termos de modularidade se comparada à SPEM. No entanto, seus módulos são totalmente adequados.."*.

Utilizável com Melhorias em Curto Prazo: Um dos trechos relacionados a esta categoria para *SMartySPEM* foi o trecho do participante #6 “..deve ser analisado o nível de satisfação de tal modularidade para LPrS maiores.” Para *vSPEM* o trecho do participante #7 “É parcialmente possível.. a modularidade diminui a medida que o número de variantes aumenta.”

Utilizável com Melhorias em Longo Prazo: Um trecho de *SMartySPEM* foi classificado como Utilizável com Melhorias em Longo Prazo, sendo o trecho do participante #7 “Acredito que para processos grandes, com vários elementos, mensurar a modularidade não seja possível.”

4.5.3 Rastreabilidade

A Rastreabilidade foi um dos critérios com avaliações mais positivas para *SMartySPEM*. O nível de detalhamento entre elementos de modelos *SMartySPEM*, embora proporcionem certa complexidade, aplicam regras claras sobre como os relacionamentos devem ser realizados e mantidos durante a manutenção de LPrS e derivação de processos. A diminuição dessa complexidade pode ser apontada como melhoria para a abordagem.

Para *vSPEM*, o critério Rastreabilidade obteve mais classificações como Utilizável com Melhorias em Curto Prazo e Utilizável com Melhorias em Longo Prazo.

Totalmente Utilizável: Um dos trechos de *SMartySPEM* para essa categoria foi o trecho do participante #1 “*SMartySPEM* permite visualizar a rastreabilidade em diferentes níveis de abstração, por meio de suas notas UML e estereótipos...”

Utilizável com Melhorias em Curto Prazo: Para *SMartySPEM* foi classificado o trecho do participante #5 “Mas o excesso de anotações também pode dificultar a visualização e talvez o entendimento do modelo.”. Um dos trechos classificados nessa categoria para *vSPEM*, foi o trecho do participante #6 “É possível notar quais elementos estão relacionados às features, principalmente pelos elementos gráficos e suas categorias.. porém.. a resolução destes carecem de melhores representações.”

Utilizável com Melhorias em Longo Prazo: O trecho do participante #7 “O diagrama se torna confuso a medida que o número de elementos aumenta.” foi classificado nesta categoria a partir de *SMartySPEM*. Para *vSPEM*, o trecho do participante #1 “..não consigo enxergar uma forma de identificar a variabilidade em níveis maiores de abstração..” foi classificado.

4.5.4 Detecção de Erros

O critério de Detecção de Erros foi mais favorável a abordagem *SMartySPEM* em relação ao *vSPEM*. O motivo apontado foi que recursos como as notas UML, os estereótipos e as retrições entre elementos, auxiliam na detecção de erros em LPrS. Entretanto, como a detecção de erros nessas abordagens até o momento é realizada com base nas experiências dos usuários, a complexidade de modelos *SMartySPEM* pode ser prejudicial. Isso faz com que *vSPEM* leve vantagem por ser visualmente mais simples de analisar. Dessa forma, a criação de ferramentas ou técnicas de apoio para detecção de erros foram apontadas como uma necessidade para ambas abordagens.

Totalmente Utilizável: Foram classificados para *SMartySPEM*, como exemplo, o trecho do participante #4 *"SMartySPEM possui grande capacidade de detecção de erros, visto que o uso dos perfis SMarty detalham muito as características mais críticas nesse sentido, as variabilidades."*. Para *vSPEM* foi identificado o trecho do participante #3 *"Na minha opinião é relativamente fácil encontrar erros na abordagem vSPEM devido a simplicidade de sua representação visual."*

Utilizável com Melhorias em Curto Prazo: Para *SMartySPEM* um especialista respondeu com o trecho do participante #6 *"Mecanismos de validação dos modelos podem ser desenvolvidos para auxiliar essa detecção."*. Outro especialista respondeu com o trecho do participante #5 *"Acredito que sim, mas a abordagem fornece pouco apoio.."* para *vSPEM*.

Utilizável com Melhorias em Longo Prazo: Em uma das análises de *SMartySPEM* foi identificado o trecho do participante #5 *"..não há suporte da abordagem para isso, ficando cargo do usuário/analista que estiver modelando. Mas acredito que com suporte ferramental isso pode ser melhorado."*. Para *vSPEM* o trecho do participante #5 *"..pouco eficiente, pois não há mecanismos específicos de vSPEM para identificar erros de coesão"*.

4.5.5 Granularidade

Para o critério de granularidade os especialistas apontaram recursos limitados de *vSPEM* para representar variabilidades em modelos de processos em diferentes granularidades. Para *SMartySPEM*, foi ressaltado que possui recursos suficientes para representar variabilidades em granularidades finas. Para granularidades grossas, os especialistas identificaram certas dificuldades de visualização. Nesse sentido, novos estudos podem ser realizados para identificar a viabilidade das abordagens para esse nível de abstração.

Totalmente Utilizável: Para *SMartySPEM* um dos trechos identificados foi o trecho do participante #6 *"A representação em níveis de abstração maiores e menores são significativos com a abordagem... principalmente em relação aos tipos de restrições aplicados às variantes..."*.

Utilizável com Melhorias em Curto Prazo: Para *SMartySPEM* um dos trechos identificados foi o trecho do participante #4 *"Seu nível de abstração pode ser considerado de granularidade fina devido ao nível de detalhe imposto pela SMarty"*. Para *vSPEM* foram identificados os trechos do participante #7 *"É parcialmente possível.. a capacidade de avaliar a granularidade diminui a medida que o número de variantes aumenta."* e do participante #2 *"..um diagrama maior fica difícil percorrê-lo e entendê-lo"*.

Utilizável com Melhorias em Longo Prazo: A abordagem *vSPEM* obteve mais classificações nessa categoria. Um exemplo, é o trecho do participante #5 *"A abordagem vSPEM é fraca nesse sentido, não oferece ou oferece poucos recursos para avaliar granularidade."*.

4.5.6 Adoção

Para a abordagem *SMartySPEM* os especialistas apontaram certas facilidades de aprendizado para usuários que possuem conhecimentos prévios em conceitos relacionados como LPrS, *SMarty* e *SPEM*. Para aqueles que necessitam aprender sobre esses conceitos, adicionado ao grau de complexidade da abordagem, a adoção pode ser considerada difícil. O mesmo ponto de vista pode ser aplicado à abordagem *vSPEM*, entretanto, por possuir um mecanismo de variabilidade mais simplificado, a adoção pode ser facilitada em comparação à *SMartySPEM*.

Totalmente Utilizável: Para *SMartySPEM* o trecho do participante #1 foi identificado: *"...a forma anotativa de SMartySPEM é muito simples e prática, o que faz com que o aprendizado seja eficaz."*. Para *vSPEM* foi identificado o trecho do participante #1: *"A abordagem vSPEM é muito fácil de ser compreendida pelo fato de ter muitos poucos elementos que representam variabilidades."*

Utilizável com Melhorias em Curto Prazo: Para *SMartySPEM*, foi identificado o trecho do participante #3: *"..no primeiro contato com alguns desses conceitos, dificuldades poderiam aparecer."*. Para *vSPEM* o trecho do participante #4: *"..os conceitos de LPrS podem ser uma barreira para sua adoção"* foi considerado.

Utilizável com Melhorias em Longo Prazo: Para *SMartySPEM* o trecho do participante #4 foi identificado: *"Acredito que a dificuldade de adoção da SMartySPEM"*

seja considerável, já que envolve conceitos extremamente específicos como LPrS, SMarty e SPEM..”.

As categorias Utilizável com Melhorias em Curto Prazo e Utilizável com Melhorias em Longo Prazo guiam a proposta de melhorias possíveis à *SMartySPEM*, apresentadas no Capítulo 5.

4.6 Avaliação de Validade do Estudo

A seguir são discutidas as principais ameaças à validade deste estudo empírico.

4.6.1 Ameaças à Validade Interna

A principal ameaça interna identificada foi o controle sobre o ambiente de preenchimento dos questionários eletrônicos que foram encaminhados via e-mail. Embora o treinamento tenha sido realizado de forma similar, seguindo um padrão de apresentação das abordagens e das técnicas utilizadas no estudo para os especialistas, o preenchimento dos questionários eletrônicos foi realizado sem supervisão dos responsáveis pelo estudo já que o especialista teria total liberdade para responder no período de 7 a 14 dias. Entretanto, pelo fato dos participantes serem especialistas na área do estudo e acostumados com este tipo de experimento, possivelmente não houveram grandes implicações no resultado.

4.6.2 Ameaças à Validade Externa

As ameaças à validade externa foram minimizadas ao utilizar uma amostra de especialistas representativos ao público alvo. Além disso, embora o tempo não tenha sido restrito, todos os especialistas responderam aos questionários na mesma média de tempo, ou seja, cerca de 30 minutos a cada etapa. Os instrumentos utilizados foram baseados em materiais pedagógicos, como o modelo de referência de processos COMPETISOFT, o qual se aproxima da realidade do ambiente industrial.

4.6.3 Ameaças à Validade de *Constructo*

A definição e teste deste estudo foi realizado por meio de um projeto piloto aplicado a um dos especialistas convidados para participação do experimento, contribuindo para o refinamento das tarefas e etapas planejadas. Obviamente, este especialista não participou do estudo real. No projeto piloto, assim como no estudo real, os participantes apresentaram um nível de conhecimento satisfatório sobre os conceitos aplicados. Entretanto, uma

possível ameaça de *constructo* pode ter sido a falta de um teste empírico para validar o conhecimento dos participantes em relação aos critérios e abordagens utilizadas.

4.6.4 Ameaças à Validade de Conclusão

A participação de sete especialistas torna o resultado deste estudo pouco generalizável. Entretanto, esses especialistas foram cuidadosamente selecionados devido ao conhecimento na área deste estudo. Uma vez que um dos principais objetivos do estudo tenha sido comparar e avaliar as abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM*, os resultados podem ser considerados indicadores iniciais confiáveis.

4.7 Considerações Finais

Este capítulo apresentou um estudo empírico discutiu uma análise qualitativa de especialistas que avaliaram as abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM*. Os resultados apresentaram evidências iniciais apontando que *SMartySPEM* possui recursos suficientes para representação de variabilidades em LPrS modeladas com *SPEM*. O principal critério para essa afirmação foi a gerência sistemática de variabilidade, o qual avaliou a viabilidade dos recursos de cada abordagem para representação de variabilidades. Enquanto *SMartySPEM* foi bem avaliado por todos os especialistas neste critério, a abordagem *vSPEM* se mostrou incompleta, principalmente por não oferecer recursos como variantes inclusivas e exclusivas, restrições e dependências entre relacionamentos, e ainda um processo para auxiliar na identificação e representação de variabilidades em modelos *SPEM*.

A análise das respostas dos especialistas foi importante para apresentar pontos de melhoria e estudos futuros para *SMartySPEM*. Foi identificado a necessidade propor ferramentas de apoio que possam auxiliar na modularização de processos, além de verificar a viabilidade de *SMartySPEM* do ponto de vista de modelagens com granularidade grossa. Outro ponto observado foi a necessidade de reduzir a complexidade dos diagramas baseados nessa abordagem.

Com base na questão de pesquisa definida no início deste capítulo, se pode concluir que este estudo apresenta resultados iniciais que explicam qualitativamente quais características de *SMartySPEM* podem ser consideradas efetivas para representação de variabilidades em LPrS. Além disso, alguns pontos de evolução para a abordagem foram identificados e apoiaram a proposta de refinamento de *SMartySPEM* que é apresentada no Capítulo 5 desta dissertação.

Proposta de Evolução de SMartySPeM

5.1 Considerações Iniciais

Este capítulo apresenta uma proposta de evolução para a abordagem *SMartySPeM* motivada pela identificação de possíveis pontos de melhoria durante a análise e interpretação dos resultados obtidos nos estudos empíricos quantitativo e qualitativo apresentados, respectivamente, nos Capítulos 3 e 4. As próximas seções detalham as melhorias consideradas para propor essa evolução. Também são apresentadas as melhorias em longo prazo que não foram consideradas neste momento e que podem motivar a realização de novos estudos.

5.2 Melhorias Imediatas

As seções à seguir apresentam detalhadamente as melhorias que foram consideradas nessa proposta de evolução para reduzir a complexidade de diagramas *SMartySPeM*. Também é realizada uma análise que propõe a inclusão de novos elementos ao perfil de *SMartySPeM*.

5.2.1 Complexidade de Diagramas

Ao analisar os resultados dos estudos apresentados nesta dissertação, foi identificado como ponto de evolução para *SMartySPeM* a diminuição da complexidade dos diagramas modelados. Embora a abordagem tente oferecer um suporte completo e eficiente para representação de variabilidades em LPrS, uma análise mais cuidadosa sobre seus estereótipos e elementos se tornou necessária.

Durante a realização das fases de treinamento e execução do experimento quantitativo apresentado no Capítulo 3, os participantes demonstraram dificuldade inicial em visualizar e compreender diagramas baseados na abordagem *SMartySPEM*. O principal motivo observado foi a compreensão de determinados elementos de *SMartySPEM*, tais como, as notas UML marcadas com o estereótipo «variability», que são associadas a elementos opcionais e pontos de variação.

Ainda sobre o estudo do Capítulo 3, foi possível perceber a complexidade dos diagramas *SMartySPEM* ao analisar o tempo que esses participantes levaram para realizar tarefas relacionadas. Em geral, os participantes levaram mais tempo analisando e respondendo tarefas relacionadas à *SMartySPEM* em relação à *vSPEM*, que possui um mecanismo de variabilidade mais simplificado.

Os resultados do estudo qualitativo, conforme apresentado no Capítulo 4, também apontam para a necessidade da diminuição da complexidade de diagramas *SMartySPEM*. Para o critério de Rastreabilidade, por exemplo, foi identificada a necessidade de diminuir o excesso de anotações em diagramas *SMartySPEM* para facilitar o mapeamento dos elementos de processo de software. Para o critério de Adoção, essa mudança facilitaria a compreensão e a necessidade de pré-conhecimento necessário para aplicar a abordagem. Por fim, para o critério de Detecção de Erros, como atualmente é realizada com base nas experiências dos utilizadores da abordagem, a diminuição da complexidade de diagramas *SMartySPEM* pode facilitar essa tarefa.

Com base nos apontamentos apresentados, duas melhorias são propostas para diminuir a complexidade de diagramas baseados em *SMartySPEM*. Considerando variabilidade em modelos de processo de software, elementos opcionais deixariam de se relacionar com notas UML marcadas com o estereótipo «variability» e os atributos *name*, *bindingTime* e *allowAddingVar* poderiam ser retirados por não agregarem valor considerável para este tipo de diagrama (SPEM). Dessa forma, ao diminuir o número de elementos e informações dos diagramas baseados em *SMartySPEM*, sem diminuir o poder do mecanismo de variabilidade, a rastreabilidade de elementos, a adoção e a detecção de erros poderiam ser facilitadas.

A desvinculação de elementos opcionais com as notas UML que utilizam o estereótipo «variability» de *SMartySPEM*, é possível pois a representação visual desse tipo de elemento, que possuem a marcação OPT, pode ser considerada unicamente necessária para representar esse tipo de elemento. A remoção dos atributos *name*, *bindingTime* e *allowAddingVar* também não impacta representação visual de variabilidade em diagramas *SMartySPEM*. As informações desses atributos seriam úteis apenas para derivações

automatizadas de processos de software customizados, o qual não é suportado atualmente por *SMartySPEM*.

A Figura - 5.1 apresenta como ficaria o perfil UML de *SMartySPEM* após a remoção dos atributos *name*, *bindingTime* e *allowAddingVar* que faziam parte do estereótipo $\ll variability \gg$. Apesar dessa mudança, elementos de processo relacionados as notas UML marcadas com o estereótipo $\ll variability \gg$, poderiam continuar apresentando informações relevantes por meio das variáveis *minSelection*, *maxSelection* e *variants*, que representam, respectivamente, a quantidade mínima de variantes necessárias para resolver um ponto de variação, a quantidade máxima e a lista de variantes disponíveis.

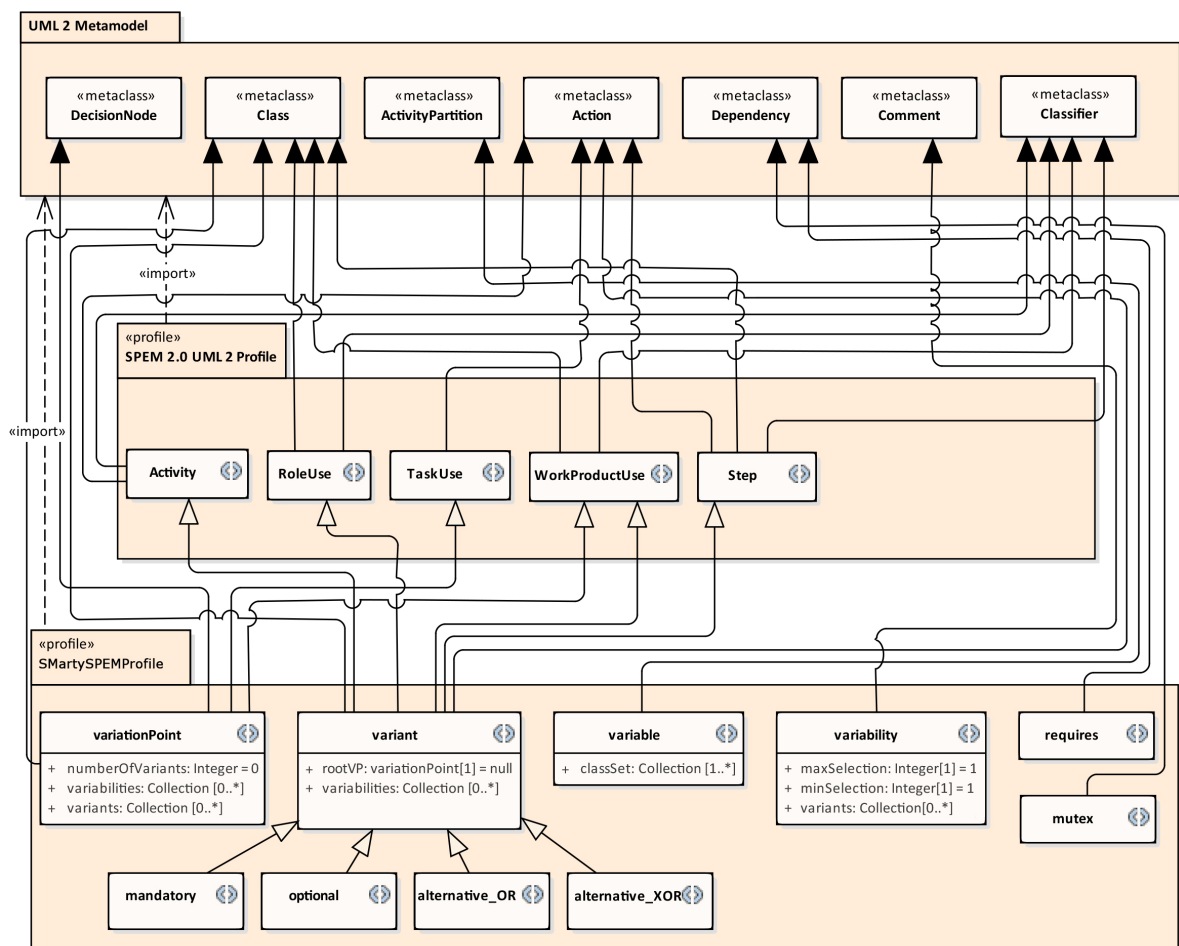


Figura 5.1: *SMartySPEMProfile* refinado com seus estereótipos.

Para observar as mudanças propostas para *SMartySPEM*, se pode analisar a Figura - 5.2 e comparar com a Figura - 5.3. Nesse exemplo, a maior mudança visual foi a remoção do relacionamento entre o elemento opcional *Distribuir tarefas aos membros da equipe* com a nota UML marcada com o estereótipo $\ll variability \gg$. Além disso, a

5.2.2 Novos Elementos

Conforme apresentado nesta dissertação, a abordagem *SMartySPEM* tem se mostrado promissora para auxiliar na gerência sistemática de variabilidades em LPrS. Entretanto, com o conhecimento adquirido durante o período de pesquisas para realização dos estudos apresentados nesta dissertação, foi observado a possibilidade de propor novos elementos à especificação de *SMartySPEM*. O estudo de Dias (2015) em conjunto com a especificação de SPEM foram os motivares para tal.

Dias (2015) utilizou *SMartySPEM* para modelar uma LPrS baseada na metodologia ágil SCRUM¹. Como se pode observar na Figura - 5.4, onde a LPrS de Dias (2015) é apresentada, diversos elementos variáveis foram identificados nesse modelo. Ao analisar essa LPrS, foi observado que alguns desses elementos poderiam ser representados por elementos de SPEM como guias, métricas e ferramentas. Além disso, foi observado ainda que em determinados momentos, esses elementos poderiam sofrer algum tipo variabilidade.

O elemento **Planejamento da Sprint**, por exemplo, que representa uma das tarefas da Figura - 5.4, é também um dos pontos de variação dessa LPrS. Entre as variantes para resolver esse ponto de variação, foram definidos os elementos **Quadro de Tarefas**, **Planilha** e **Ferramenta Redmine** que foram representados por um elemento passo (*step*) de *SMartySPEM*. Entretanto, essas variantes também poderiam ser representadas por um elemento de tipo ferramenta (*ToolDefinition*) de SPEM, por representar ferramentas que podem auxiliar na realização da tarefa **Planejamento da Sprint**. O uso do elemento passo (*step*) para essas variantes pode ter sido motivado por *SMartySPEM* não suportar a representação de variabilidade em elementos do tipo ferramenta (*ToolDefinition*).

Um outro exemplo observado na Figura - 5.4 foi o elemento **Priorização do Backlog**. Esse elemento representa uma das tarefas da LPrS de Dias (2015) e também é um ponto de variação. Duas variantes são associadas a esse ponto de variação, **Quadro de Importância x Complexidade** e **Priorização de MoSCoW**, que são representados pelo elemento (*step*) de *SMartySPEM*. Entretanto, essas variantes também poderiam ser representadas pelo elemento *Metric* de SPEM, por representarem diferentes métricas que auxiliam na realização da tarefa **Priorização do Backlog**.

Os elementos guia, métrica e ferramenta são definidos no metamodelo SPEM, porém não haviam sido considerados na abordagem *SMartySPEM* até o momento. Dessa forma, esta dissertação propõe que esses elementos sejam adicionados ao perfil UML de *SMartySPEM*. No metamodelo SPEM, os elementos guia, métrica e ferramenta são representados, respectivamente, pelos elementos *Guidance*, *Metric* e *ToolDefinition*.

¹<http://www.desenvolvimentoagil.com.br/scrum>

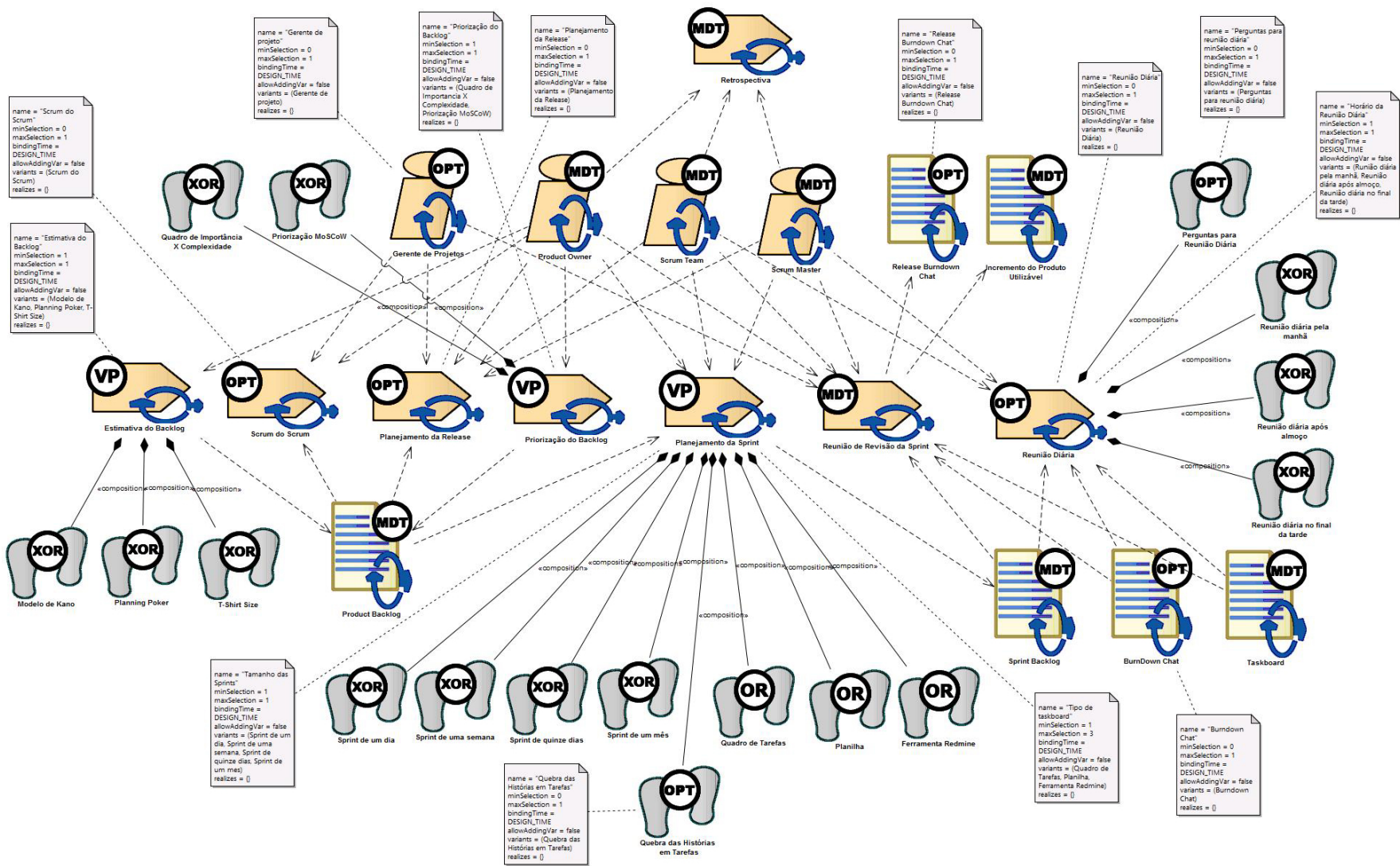


Figura 5.4: LPrS baseada no SCRUM para a Abordagem Anotativa (Dias, 2015).

A Figura - 5.5 apresenta como ficaria o perfil UML de *SMartySPEM* ao se associar aos elementos *Guidance*, *Metric* e *ToolDefinition* representados no perfil UML de *SPEM*. Dessa forma, esses elementos podem receber marcações de pontos de variação ou variantes em um modelo de processo baseado em *SMartySPEM*. Também poderiam ser classificados como elemento mandatório, opcional, variante inclusiva ou variante exclusiva. Além disso, esses elementos poderiam utilizar o suporte à representação de restrições entre variantes com o uso dos estereótipos `<<requires>>` e `<<mutex>>`.

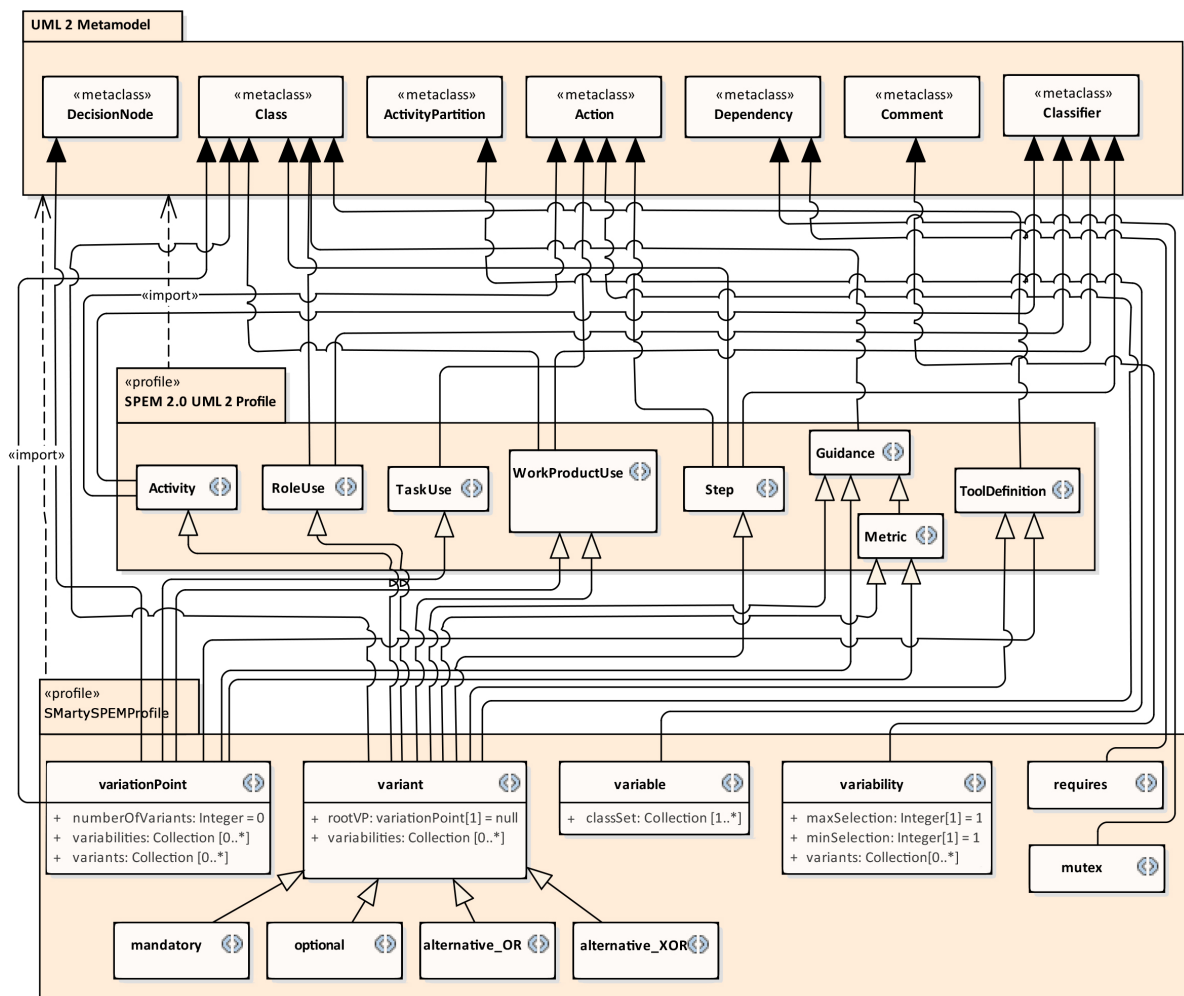


Figura 5.5: *SMartySPEMProfile* com os novos elementos *Guidance*, *Metric* e *ToolDefinition*.

Elemento Guia

No metamodelo SPEM, um *Describable Element* é um elemento extensível que representa uma generalização abstrata para todos os elementos do metamodelo na versão 2.0 e que

podem ser documentados com descrições textuais. Exemplos de *Describable Elements* são os *Roles* e *Work Products* que representam, respectivamente, papéis e artefatos em modelos de processos e possuem um texto descritivo associado que define textualmente o elemento, fornecendo orientação sobre como usá-lo (OMG, 2008).

O elemento Guia, representado pelo elemento *Guidance* em SPEM, é um *Describable Element* que fornece informações adicionais relacionadas a outros *Describable Elements*. Um *Guidance* deve ser classificado com um tipo específico representando a estrutura e conteúdo assumido. Exemplos desses tipos são *Guidelines*, *Templates*, *Checklists*, *Tool Mentors*, *Estimates*, *Supporting Materials*, *Reports*, *Concepts*, etc. Esses tipos podem ser relacionados apenas a instâncias de um *Guidance*, assim como instâncias de qualquer subclasse de *Guidance*, tais como o elemento *Metric* (OMG, 2008).

A Figura - 5.6 apresenta o ícones do tipo *Guidance* associados a estereótipos de *SMartySPEM* para incluir o suporte à variabilidade. As marcações associadas, representando os estereótipos, são: MDT para representar elemento mandatório, OPT para elemento opcional, OR para elemento variante inclusivo, XOR para elemento variante exclusivo e VP para representar ponto de variação. Essas marcações foram criadas para melhorar a legibilidade de LPrS modeladas com *SMartySPEM* (OliveiraJr et al., 2013).

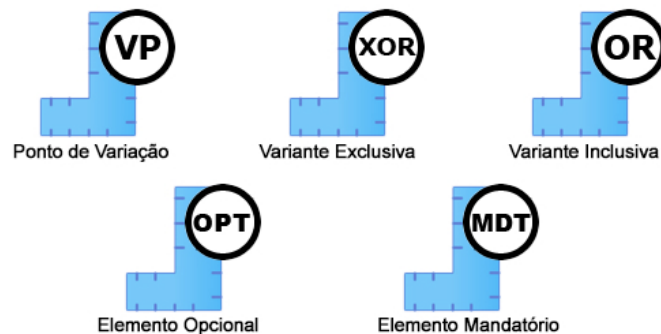


Figura 5.6: Ícones *Guidance* e *Metric* com base no *SMartySPEM*.

Elemento Métrica

O elemento Métrica, representado pelo elemento *Metric* em SPEM, também é um *Describable Element* que contém uma ou mais restrições que fornecem medições para qualquer *Describable Element*. Assim como ocorre para o elemento *Guidance*, elementos do tipo *Metric* também podem ser classificados a diferentes tipos para distinguir grupos de métricas como, por exemplo, *Productivity*, *Quality* e *Scale*. Como exemplo, um engenheiro de processos pode definir um elemento do tipo *Metric* a métricas de trabalho

como atividades (esforço estimado em horas/homem), artefatos (médias de qualidade) ou funções (custos por hora) (OMG, 2008).

Como o elemento *Metric* é uma subclasse de *Guidance*, o ícone que representa este elemento é o mesmo que apresentado na Figura - 5.6, assim como o uso dos estereótipos de *SMartySPEM*.

Elemento Ferramenta

O elemento Ferramenta, representado pelo elemento *Tool Definition* em SPEM, também é um elemento derivado do tipo *Describable Element* no metamodelo *SPEM*. Este elemento pode ser usado para especificar a participação de uma ferramenta em uma tarefa de um modelo de processo. Um *Tool Definition* descreve as capacidades de uma ferramenta CASE, uma ferramenta de propósito geral ou qualquer outra unidade de automação que suporta as instâncias associadas de papéis na execução de determinadas tarefas. Um elemento *Tool Definition* pode ainda identificar um recurso como útil, recomendado ou necessário para a conclusão de uma tarefa (OMG, 2008). A Figura - 5.7 apresenta o ícone de *Tool Definition* com os estereótipos de *SMartySPEM*.

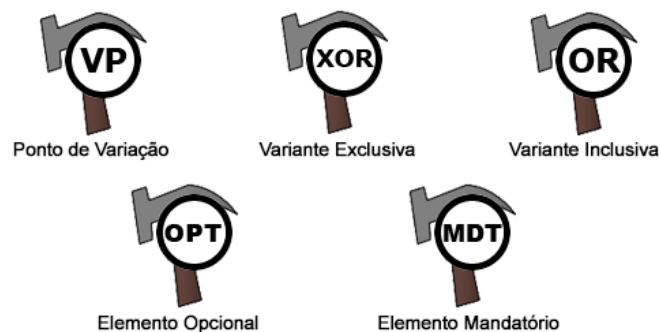


Figura 5.7: Ícones *ToolDefinition* com base no *SMartySPEM*.

5.2.3 Diretrizes de *SMartySPEM*

Conforme apresentado na Seção 2.4, a abordagem *SMartySPEM* define algumas diretrizes para auxiliar na identificação de variabilidades em diagramas UML. Essas diretrizes ajudam a identificar possíveis elementos que possam sofrer variabilidade dependendo do domínio de aplicação de um processo de software.

Com a proposta de inclusão de novos elementos à especificação de *SMartySPEM*, algumas mudanças precisam ser realizadas nessas diretrizes, afim de adotar esses novos elementos. As diretrizes modificadas são apresentadas à seguir:

- D1. elementos *DecisionNode* em diagramas de atividade sugerem pontos de variação marcados com `<<variationPoint>>` já que representam explicitamente múltiplos caminhos para diferentes atividades de processos de software;
- D2. elementos Atividade do SPEM v2.0 em diagramas de atividade podem ser definidos como variantes obrigatórias ou opcionais marcadas, respectivamente, com `<<mandatory>>` e `<<optional>>`;
- D3. elementos Atividade do SPEM v2.0 em diagramas de atividade os quais representam fluxos alternativos de saída a partir de um *DecisionNode* sugerem Atividades variantes inclusivas (`<<alternative_OR>>`) ou exclusivas (`<<alternative_XOR>>`);
- D4. elementos *ActivityPartition* em diagramas de atividades, os quais contém elementos com variabilidade associada, *DecisionNode* como um ponto de variação ou Atividade como uma variante, podem ser marcadas com `<<variable>>`;
- D5. elementos Uso do Papel, Uso da Tarefa, Uso do Produto de Trabalho, Guia, Métrica e Ferramenta definidos no SPEM v2.0 podem sugerir pontos de variação marcados com `<<variationPoint>>` já que podem representar elementos passíveis de seleção em diferentes processos de software;
- D6. elementos Uso do Papel, Uso da Tarefa, Passo, Uso do Produto de Trabalho, Guia, Métrica e Ferramenta definidos no SPEM v2.0 podem ser marcados como variantes obrigatórias ou opcionais, respectivamente, com `<<mandatory>>` e `<<optional>>`;
- D7. elementos Uso do Papel, Uso da Tarefa, Passo, Uso do Produto de Trabalho, Guia, Métrica e Ferramenta definidos no SPEM v2.0 e que especializam ou são composições/agregações de elementos marcados com `<<variationPoint>>`, sugerem elementos variantes inclusivos (`<<alternative_OR>>`) ou exclusivos (`<<alternative_XOR>>`);
- D8. elementos variantes que, ao serem selecionados para fazer parte de um processo, exigem a presença de outro(s) determinado(s) elemento(s) variante(s), devem possuir um relacionamento de dependência marcado com o estereótipo `<<requires>>`;
- D9. elementos variantes mutuamente exclusivos para um determinado processo, devem ter seus relacionamentos de dependência marcados com o estereótipo `<<mutex>>`.

5.2.4 Exemplo de Modelagem

Para exemplificar o uso dos novos elementos propostos para *SMartySPEM*, foram extraídos fragmentos da LPrS apresentada na Figura - 5.4, modelada com *SMartySPEM* para representar a metodologia ágil SCRUM. Conforme a discutido na Seção 5.2.2, alguns elementos da LPrS de Dias (2015) poderiam ser alterados para facilitar a representação desses elementos.

A Figura - 5.8 apresenta um fragmento de processo contendo a tarefa **Priorização do Backlog** com elementos relacionados. Essa tarefa é um ponto de variação que possui duas variantes, **Quadro de Importância x Complexidade** e **Priorização de MoSCoW**. Essas variantes representam possibilidades de métricas para realizar a tarefa **Priorização do Backlog**. Por existir um relacionamento com o estereótipo `«alternative_XOR»`, representado pela marcação XOR, apenas uma dessas variantes pode ser selecionada para resolver o ponto de variação.

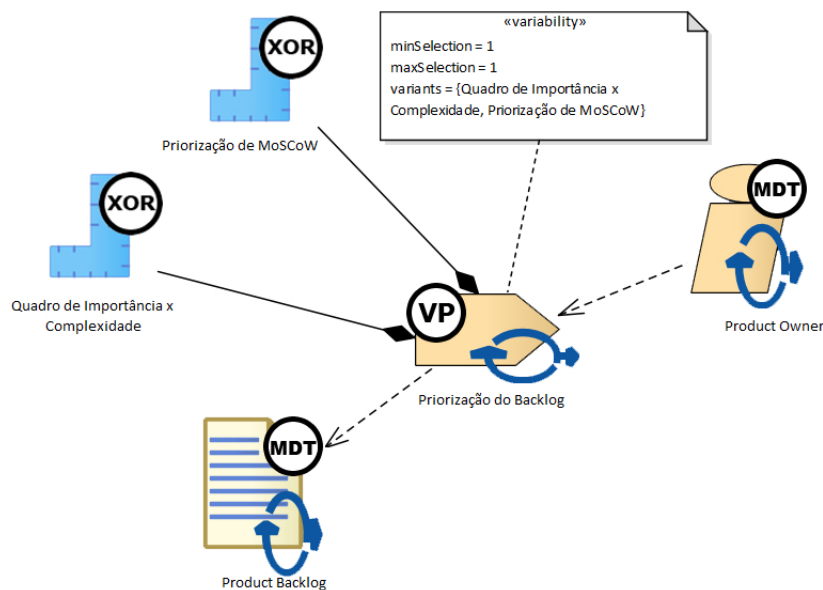


Figura 5.8: Exemplo com o elemento *Metric*.

A Figura - 5.9 apresenta um fragmento de processo contendo a tarefa **Planejamento da Sprint**. Essa tarefa também é um ponto de variação e possui três variantes relacionadas, sendo: **Quadro de Tarefas**, **Planilha** e **Ferramenta Redmine**. Essas variantes representam possibilidades de ferramentas que devem ser utilizadas para realizar a tarefa **Planejamento da Sprint**. Por existir um relacionamento com o estereótipo `«alternative_OR»`, representado pela marcação OR, no mínimo uma e no máximo três dessas variantes podem ser selecionadas para resolver o ponto de variação.

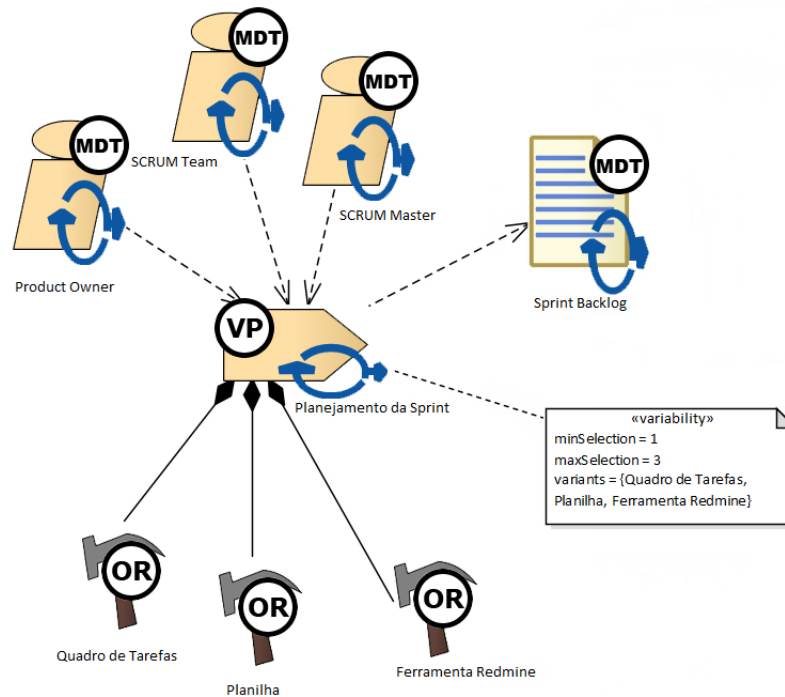


Figura 5.9: Exemplo com o elemento *ToolDefinition*.

A Figura - 5.10 apresenta, novamente, um fragmento de processo com a tarefa *Planejamento da Sprint*, extraída da Figura - 5.4. Entretanto, uma modificação foi realizada para apresentar como seria a representação de um ponto de variação (VP) em um elemento do tipo ferramenta (*ToolDefinition*). Supondo que o elemento *Planilha* tenha sido escolhido para realizar a tarefa *Planejamento da Sprint*, se pode verificar que existem diversas ferramentas que poderiam criar ou editar essa planilha. No exemplo apresentado, o elemento *Planilha* se tornou um ponto de variação com três variantes alternativas relacionadas, sendo: *Microsoft Office*, *OpenOffice* e *Google Planilhas*. Dessa forma, para resolver o ponto de variação *Planilha*, qualquer uma das 3 variantes poderiam ser utilizadas sendo, no mínimo uma e no máximo três.

5.3 Melhorias em Longo Prazo

O estudo do Capítulo 3 apresenta uma avaliação qualitativa de sete especialistas para as abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM* sobre os seguintes critérios: Gerência Sistemática de Variabilidade, Adoção, Detecção de Erros, Granularidade, Modularidade e Rastreabilidade. As respostas desses especialistas foi importante para apresentar pontos de melhoria e estudos futuros para *SMartySPEM*.

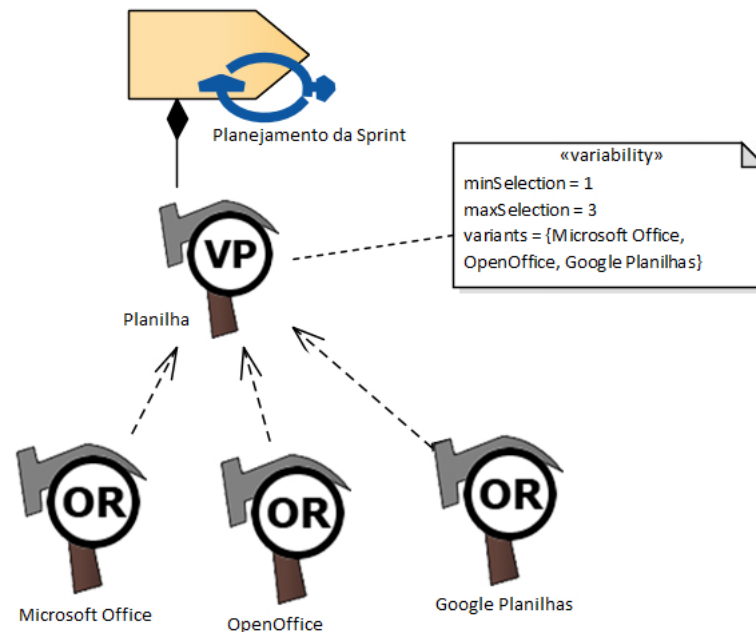


Figura 5.10: Exemplo de ponto de variação com o elemento *ToolDefinition*.

A análise dos especialistas sobre o critério de Gerência Sistemática de Variabilidade, não levantou possibilidades de melhorias para a abordagem *SMartySPEM*. Dessa forma, com o conhecimento dos conceitos básicos de LPrS, *SMarty* e *SPEM*, a utilização do mecanismo de variabilidade de *SMartySPEM* pode ser considerado promissor.

Para o critério de Modularidade, foi identificada a possibilidade de utilização de uma ferramenta de apoio para auxiliar na modularização de processos de software modelados com *SMartySPEM*. Nesse sentido, trabalhos futuros podem indicar ou propor a utilização de ferramentas para essa necessidade. Ainda para o critério de Modularidade, os especialistas apresentaram dificuldades para visualizar a representação de modelos de processos de software de grande porte. Entretanto, o encapsulamento de subprocessos pode ser realizado com o elemento *Activity* do *SPEM*. Além disso, o elemento *Process-ComponentUse*, também especificado no metamodelo *SPEM*, pode ser utilizado para esse fim, por incluir o suporte a componentes substituíveis e reutilizáveis, aplicando o princípio de encapsulamento (OMG, 2008). Estudos futuros podem ser conduzidos afim de analisar o suporte de *SPEM*, juntamente com o mecanismo de variabilidade de *SMartySPEM*, para encapsulamento de subprocessos em modelos de grande porte.

Para os critérios de Adoção e Rastreabilidade foi identificada a necessidade de diminuir o excesso de anotações em modelos baseados em *SMartySPEM*. Isso poderia melhorar a visualização dos relacionamentos entre elementos de processos e facilitar a aplicação da abordagem. Na Seção 5.2.1 é apresentada um proposta de evolução para *SMartySPEM*

com o objetivo de diminuir a complexidade de seus diagramas. Entretanto, novas propostas podem ser estudadas afim de facilitar a rastreabilidade de elementos de processo de software modelados com *SMartySPEM*.

A Detecção de Erros foi o critério mais negativo na avaliação de *SMartySPEM*. Foram levantadas necessidades como a definição de técnicas ou ferramentas que realizem testes de detecção de erros, os quais não tenham dependência única e exclusiva do conhecimento do utilizador. A *SMartyCheck* (Geraldi et al., 2015), uma técnica de inspeção para detecção de defeitos em diagramas de casos de uso e de classes para LPS, poderia ser um ponto de partida para definição de uma técnica de detecção de defeitos para *SMartySPEM*. Além de adaptar a *SMartyCheck* para LPrS, como trabalho futuro se pode verificar a utilização das linguagens OCL (*Object Constraint Language*²) e EVL (*Epsilon Validation Language*³), conforme relatado por um dos especialistas que avaliaram *SMartySPEM*.

O estudo do Capítulo 3 também evidenciou a necessidade da verificação da eficiência de *SMartySPEM* para modelos de processo com granularidade grossa. A condução de novos estudos pode auxiliar na investigação de tal nível de eficiência. Entretanto, com a possibilidade de encapsular subprocessos com *SPEM*, que precisaria ser avaliado, pode ser possível atingir diversos níveis de abstração de processos, o que viabilizaria o uso de *SMartySPEM*.

5.4 Considerações Finais

Este capítulo apresentou uma proposta para evolução de *SMartySPEM*. Após a análise e interpretação dos resultados obtidos nos estudos empíricos que compreenderam esta dissertação, foi possível aplicar um conjunto de melhorias que não precisariam de um grande esforço envolvido.

Para diminuir a complexidade de diagramas modelados com *SMartySPEM*, duas melhorias foram propostas. Elementos opcionais deixaram de se relacionar com notas UML associadas ao estereótipo «*variability*». Além disso, os atributos *name*, *bindingTime* e *allowAddingVar* poderiam ser retirados dessas notas UML por não agregarem valor considerável. Com a diminuição da complexidade dos diagramas, acredita-se que a rastreabilidade de elementos modelados com *SMartySPEM* e a adoção da abordagem possam ser facilitadas. Estudos futuros podem ser planejados e executados com o objetivo de verificar essa afirmação.

²<http://www.omg.org/spec/OCL/>

³<http://www.eclipse.org/epsilon/doc/evl/>

Uma proposta para adicionar novos elementos a abordagem *SMartySPEM* também foi apresentada. Considerando a importância em gerenciar guias, métricas e ferramentas em modelos de processo de software, foi proposto uma alteração no perfil UML de *SMartySPEM*, possibilitando que os elementos *Guidance*, *Metric* e *ToolDefinition* fossem especializados do perfil UML de SPEM. Com essa mudança, o mecanismo de variabilidade de *SMartySPEM* poderia suportar a representação de variabilidade também para os novos elementos.

Este capítulo também apresentou as melhorias em longo prazo que foram identificadas a partir da avaliação dos especialistas sobre *SMartySPEM*. Essas melhorias podem motivar a realização de novos estudos de avaliação ou novas propostas de evolução para *SMartySPEM*.

Conclusão

Nos últimos anos, observa-se um esforço crescente na área da engenharia de software por técnicas e ferramentas que auxiliem na melhoria contínua e reúso de processos de software. Como motivação, têm-se o aumento da qualidade e produtividade de sistemas de software. Nesse contexto, linguagens de modelagem de processos de software são uma importante forma de descrever e gerenciar processos bem definidos em organizações de software intensivo.

Baseado no conceito de LPrS, diversas abordagens como *SMartySPEM* e *vSPEM* estão sendo propostas com o objetivo de auxiliar na identificação das similaridades e gerenciamento de variabilidades em modelos de processo de software. Embora existam na literatura evidências positivas sobre os benefícios de LPrS aplicadas na indústria e academia, essa área de pesquisa ainda é considerada imatura. Assim como a área de LPrS, estudos recentes apresentam evidências positivas sobre *SMartySPEM*, mostrando ser uma abordagem promissora. Entretanto, *SMartySPEM* carece de estudos que possam evidenciar a viabilidade e efetividade de seu mecanismos de variabilidade.

Motivado por estudos recentes como de Dias et al. (2016) e Dias e Oliveira Jr (2016), esta dissertação teve como objetivo fornecer novas evidências sobre a viabilidade e efetividade do mecanismo de variabilidade da abordagem *SMartySPEM* para LPrS. Em paralelo, os resultados apresentados foram importantes para propor uma evolução para *SMartySPEM*, diminuindo a complexidade de diagramas baseados nessa abordagem e incrementando seu mecanismos de variabilidade com novos elementos de processo de software considerados úteis para a representação de LPrS mais completas.

Após realizar um estudo sobre o estado da arte das LMPS encontradas na literatura, um estudo comparativo foi realizado entre as abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM*, uma

das abordagens mais completas encontradas na literatura para LPrS. Os resultados iniciais apontaram que a corretude das respostas dos participantes foi superior para *SMartySPEM*, tanto para a compreensão de diagrama quanto para a compreensão do mecanismo de variabilidade. Como não foi possível generalizar estatisticamente esta evidência, um novo estudo foi conduzido com o objetivo de explicar os resultados iniciais observados.

As etapas da pesquisa apresentadas nesta dissertação seguiram a Estratégia Explicatória Sequencial baseada em Métodos Mistos. Dessa forma, com os resultados iniciais obtidos no estudo empírico quantitativo, foi possível realizar o planejamento do próximo estudo que avaliou qualitativamente as características de *SMartySPEM* e *vSPEM*. A partir da análise de especialistas da área de pesquisa, evidências iniciais apontaram que o mecanismo de variabilidade de *SMartySPEM* é melhor que o mecanismo de variabilidade proposto pela abordagem *vSPEM*, principalmente para o critério de Gerência Sistemática de Variabilidade. Essa evidência complementou os resultados apresentados no estudo anterior. Além disso, novos pontos de melhoria foram identificados, sendo importante para apresentar uma proposta de evolução para *SMartySPEM*.

Embora esta dissertação tenha atingido os objetivos traçados, avaliando a efetividade e viabilidade de *SMartySPEM* ao conduzir estudo empíricos sobre essa abordagem, não é possível generalizar os resultados apresentados. Novos estudos são necessários para evidenciar como *SMartySPEM* se comporta, por exemplo, ao modelar LPrS baseadas em modelos de processo com granularidade grossa. Os critérios de modularidade, rastreabilidade e detecção de erros também precisam ser melhor avaliados. Por fim, é necessário avaliar empiricamente a evolução de *SMartySPEM* com base na proposta apresentada nesta dissertação.

6.1 Contribuições

As principais contribuições deste trabalho são listadas a seguir:

- fornecimento de novas evidências sobre a viabilidade e efetividade das abordagens *SMartySPEM* e *vSPEM*, com relação à gerência sistemática de variabilidade em LPrS;
- análises qualitativas de especialistas sobre *SMartySPEM* e *vSPEM*, em relação aos critérios de Gerência Sistemática de Variabilidade, Adoção, Detecção de Erros, Granularidade, Modularidade e Rastreabilidade;

- proposta de evolução de *SMartySPEM* para redução da complexidade de diagramas e ampliação do mecanismo de variabilidade;
- contribuições na área de estudos empíricos guiados pela Estratégia Explanatória Sequencial baseada em Métodos Mistos; e
- contribuição com um corpo de conhecimento que poderá auxiliar no desenvolvimento de novos estudos na área de LPrS.

6.2 Limitações

Algumas limitações nesta dissertação são apresentadas a seguir:

- os dois estudos empíricos apresentados nesta dissertação utilizaram *vSPEM* como tecnologia de comparação com *SMartySPEM*. Isso pode ser um fator que limita a generalização dos resultados apresentados. Embora não existam muitas opções na literatura, estudos futuros poderão comparar *SMartySPEM* com outras abordagens encontradas.
- a quantidade de participantes que se disponibilizaram a participar dos experimentos é um fator limitante. Além da quantidade, encontrar participantes qualificados também apresentou ser um fator limitante. Entretanto, como vimos nos estudos, pequenas amostras e o uso de amostras do meio acadêmico também podem produzir dados satisfatórios para determinados tipos de pesquisa.
- outro fator limitante foi a falta de LPrS reais (comercial) para uso nos estudos. Isso levou a necessidade de encontrar e modelar fragmentos de processos que poderiam sofrer variabilidade em determinados momentos. Entretanto, esse tipo de decisão coube ao autor no momento de preparar a instrumentação dos estudos empíricos.
- o mecanismo de variabilidade de *SMartySPEM* suporta apenas modelagens baseadas em SPEM. Isso é um fator limitante pois existem outras técnicas de modelagem na literatura sem o uso de SPEM. Embora *SMartySPEM* possa ser aplicado a qualquer modelagem UML, é necessário analisar como o mecanismo de variabilidade pode ser utilizado em outros tipos de modelagem como BPMN, Linguagens de Programação, Redes de Petri, etc.

6.3 Trabalhos Futuros

Diversos trabalhos futuros podem ser conduzidos a partir do corpo de conhecimento apresentado nesta dissertação. Algumas sugestões foram extraídas do estudo empírico qualitativo, onde especialistas apontaram possibilidades de melhoria para *SMartySPEM*. Dessa forma, temos:

- realizar estudos comparativos entre *SMartySPEM* e outras abordagens para LPrS que não sejam *vSPEM* ou *Eclipse Process Framework* (EPF);
- trabalhos que possam indicar ou propor ferramentas que auxiliem na modularização de processos de software modelados com *SMartySPEM*;
- trabalhos que possam definir novos mecanismos a *SMartySPEM* para auxiliar na tarefa de detecção de erros ou adaptação de técnicas existentes como a *SMartyCheck*;
- estudos que apontem a eficiência de *SMartySPEM* para modelagem de modelos de processo com granularidade grossa; e
- novos estudos podem ser conduzidos para analisar a proposta de evolução de *SMartySPEM* que foi apresentada nesta dissertação.

REFERÊNCIAS

ALAJRAMI, S.; GALLINA, B.; ROMANOVSKY, A. EXE-SPEM: Towards Cloud-based Executable Software Process Models. In: *4rd International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development (MODELSWARD)*, 2016, p. 517–526.

ALEGRÍA, J. A. H.; BASTARRICA, M. C. Building Software Process Lines with CASPER. In: *International Conference on Software and System Process*, 2012, p. 170–179.

ALEIXO, F.; FREIRE, M.; ALENCAR, D.; CAMPOS, E.; KULESZA, U. A Comparative Study of Compositional and Annotative Modelling Approaches for Software Process Lines. In: *Braz. Symp. on Soft. Eng. (SBES)*, 2012, p. 51–60.

ALEIXO, F. A. *Uma Abordagem Anotativa para Gerência de Variabilidades em Linhas de Processos de Software: Concepção, Implementação e Avaliação*. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.

ALEIXO, F. A.; FREIRE, M. A.; DOS SANTOS, W. C.; KULESZA, U. A Model-driven Approach to Managing and Customizing Software Process Variabilities. In: *12th International Conference on Enterprise Information Systems, Volume 3, ISAS, Funchal, Madeira, Portugal, June 8 - 12, 2010*, 2010a, p. 92–100.

ALEIXO, F. A.; FREIRE, M. A.; DOS SANTOS, W. C.; KULESZA, U. Automating the Variability Management, Customization and Deployment of Software Processes: A Model-Driven Approach. In: *12th International Conference on Enterprise Information Systems*, 2010b, p. 372–387.

ALEIXO, F. A.; KULESZA, U.; OLIVEIRAJR, E. Modeling Variabilities from Software Process Lines with Compositional and Annotative Techniques: A Quantitative Study. In: *14th International Conference (PROFES), 2013, Paphos, Cyprus, June 12-14, 2013.*, 2013, p. 153–168.

AOUSSAT, F.; OUSSALAH, M.; NACER, M. SPEM Extension with Software Process Architectural Concepts. In: *IEEE 35th Annual Computer Software and Applications Conference*, 2011, p. 215–223.

ARMBRUST, O.; KATAHIRA, M.; MIYAMOTO, Y.; MÜNCH, J.; NAKAO, H.; OCAMPO, A. Scoping Software Process Lines. *Software Process: Improvement and Practice - Examining Process Design and Change*, v. 14, n. 3, p. 181–197, 2009.

ATKINSON, D. C.; WEEKS, D. C.; NOLL, J. The Design of Evolutionary Process Modeling Languages. In: *11th Asia-Pacific Software Engineering Conference*, Washington, DC, USA, 2004, p. 73–82.

BAOJUN, T. Formal modelling and validation for software process based on CPN. In: *IEEE 3rd International Conference on Software Engineering and Service Science*, 2012, p. 89–92.

BASIL, V.; ROMBACH, H. The TAME project: towards improvement-oriented software environments. *IEEE Transactions on Software Engineering*, v. 14, n. 6, p. 758–773, 1988.

BENDRAOU, R.; COMBEMALE, B.; CREGUT, X.; GERVAIS, M.-P. Definition of an Executable SPEM 2.0. In: *14th Asia-Pacific Software Engineering Conference*, 2007, p. 390–397.

BENDRAOU, R.; GERVAIS, M.-P.; BLANC, X. UML4SPM: A UML2.0-Based Metamodel for Software Process Modelling. In: *8th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems*, Berlin, Heidelberg, 2005, p. 17–38.

BENEDICTO, J.; ROSENBERG, I.; SOLER, I.; ARANA, N.; ESPINOZA, H. Analysis of Standard Process Models. [*On-line*].

Disponível em http://s15723044.onlinehome-server.info/artemise/ediana_publicdocument.php

CAPILLA, R.; BOSCH, J.; KANG, K. C., eds. *Systems and software variability management, concepts, tools and experiences*. Springer, 2013.

Disponível em <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-36583-6>

CARES, C.; FRANCH, X.; MAYOL, E.; ALVAREZ, E. Goal-Driven Agent-Oriented Software Processes. In: *32th EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications*, Washington, DC, USA, 2006, p. 336–347.

- CARVALHO, D. D.; CHAGAS, L. F.; LIMA, A. M.; REIS, C. A. L. Software process lines: A systematic literature review. In: *Software Process Improvement and Capability Determination - 14th International Conference, SPICE 2014, Vilnius, Lithuania, November 4-6, 2014, Proceedings*, 2014, p. 118–130.
- CHEN, J.-Y. J.; CHOU, S.-C.; LIU, W.-C. APER-2: A Developer-centered, Object-oriented Process Language. In: *International Conference on Microelectronic Systems Education*, Washington, DC, USA, 2000, p. 297–303.
- CHEN, CHENG AND SHEN, BEI-JUN AND GU, YU-QING Flexible and formalized process modeling language. *Journal of Software*, v. 13, n. 8, p. 1374–1381, 2012.
- CHOU, S.-C. DPEM: a decentralized software process enactment model. *Information and Software Technology*, v. 46, n. 6, p. 383 – 395, 2004.
- COMBEMALE, B.; CRÉGUT, X.; CAPLAIN, A.; COULETTE, B. Towards a Rigorous Process Modeling with SPEM. In: *International Conference on Enterprise Information Systems*, 2006, p. 530–533.
- CORBIN, J.; STRAUSS, A. *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded*. 3rd ed. San Jose, CA 95192, Estados Unidos: SAGE Publications, Inc., 2008.
- CRESWELL, J. W. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. 4 ed. Lincoln, USA: Sage Publications Ltd., 2014.
- CRESWELL, J. W.; VICKI *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. 1 ed. Lincoln, USA: Sage Publications, Inc, 2006.
- DEBNATH, N.; RIESCO, D.; COTA, M. P.; GARCIA PEREZ-SCHOFIELD, J. B.; UVA, D. R. M. Supporting the SPEM with a UML Extended Workflow Metamodel. In: *IEEE International Conference on Computer Systems and Applications*, Washington, DC, USA, 2006, p. 1151–1154.
- DIAS, J. W. *Evidência empírica das abordagens composicional e anotativa para gerência de variabilidades em linhas de processo de software*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Maringá, 2015.
- DIAS, J. W.; OLIVEIRAJR, E. Modeling Variability in Software Process with EPF Composer and SMartySPEM: An Empirical Qualitative Study. In: *18th International*

Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS), Volume 1, Rome, Italy, April 25-28, 2016, 2016, p. 283–293.

DIAS, J. W.; OLIVEIRAJR, E.; SILVA, M. A. G. Preliminary Empirical Evidence on SPiL Variability Management with EPF and SMartySPEM. In: *30th Brazilian Symposium on Software Engineering, SBES 2016, Maringá, Brazil, September 19 - 23, 2016*, 2016, p. 133–142.

ELLNER, R.; AL-HILANK, S.; DREXLER, J.; JUNG, M.; KIPS, D.; PHILIPPSEN, M. eSPEM - A SPEM Extension for Enactable Behavior Modeling. In: *Modelling Foundations and Applications*, v. 6138 de *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin Heidelberg, p. 116–131, 2010.

ELLNER, R.; AL-HILANK, S.; DREXLER, J.; JUNG, M.; KIPS, D.; PHILIPPSEN, M. A FUML-based Distributed Execution Machine for Enacting Software Process Models. In: *7th European Conference on Modelling Foundations and Applications*, Berlin, Heidelberg, 2011, p. 19–34.

FALBO, R. A.; BARCELLOS, M.; NARDI, J.; GUIZZARDI, G. Organizing Ontology Design Patterns as Ontology Pattern Languages. In: *The Semantic Web: Semantics and Big Data*, v. 7882 de *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin Heidelberg, p. 61–75, 2013.

FEITELSON, D. G. Using Students as Experimental Subjects in Software Engineering Research - A Review and Discussion of the Evidence. *CoRR*, v. abs/1512.08409, 2015.

FERREIRA, A. L.; MACHADO, R. J.; PAULK, M. C. An Approach to Software Process Design and Implementation Using Transition Rules. In: *37th EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications*, Washington, DC, USA, 2011, p. 330–333.

FRANCH, X.; BALUST, J. M. R. A UML-Based Approach to Enhance Reuse within Process Technology. In: *9th International Workshop on Software Process Technology*, Helsinki, Finland, 2003, p. 74–93.

FREIRE, M. A.; ALEIXO, F. A.; KULESZA, U.; ARANHA, E.; COELHO, R. Automatic Deployment and Monitoring of Software Processes: A Model-Driven Approach. In: *23rd International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering (SEKE'2011), Eden Roc Renaissance, Miami Beach, USA, July 7-9, 2011*, 2011, p. 42–47.

GARCÍA-BORGOÑÓN, L.; BARCELONA, M. A.; GARCÍA-GARCÍA, J. A.; ALBA, M.; ESCALONA, M. J. Software Process Modeling Languages: A Systematic Literature Review. *Information and Software Technology*, v. 56, n. 2, p. 103–116, 2014.

GE, J.; HU, H.; GU, Q.; LU, J. Modeling Multi-View Software Process with Object Petri Nets. In: *International Conference on Software Engineering Advances*, Tahiti, French, Polynesia, 2006, p. 41–41.

GERALDI, R. T.; OLIVEIRAJR, E.; CONTE, T.; STEINMACHER, I. Checklist-based Inspection of SMarty Variability Models - Proposal and Empirical Feasibility Study. In: *17th International Conference on Enterprise Information Systems*, 2015, p. 268–276.

GOLRA, F.; DAGNAT, F. Component-oriented multi-metamodel process modeling framework (CoMProM). In: *1st Workshop on Process-based approaches for Model-Driven Engineering*, 2011, p. 44–53.

GOLRA, F. R.; DAGNAT, F. Generation of Dynamic Process Models for Multi-metamodel Applications. In: *Proceedings of the International Conference on Software and System Process*, ICSSP '12, 2012, p. 48–57 (*ICSSP '12*,).

HAGEN, M. G. V. Towards flexible software processes by using process patterns. In: *8th IASTED International Conference on Software Engineering and Applications*, 2004, p. 436–441.

HOLE, G. Mann-Whitney Test Handout Version 1.0. [*On-line*].
Disponível em <http://users.sussex.ac.uk/~grahamh/RM1web/MannWhitneyHandout%202011.pdf>

HSUEH, N.-L.; SHEN, W.-H.; YANG, Z.-W.; YANG, D.-L. Applying {UML} and software simulation for process definition, verification, and validation. *Information and Software Technology*, v. 50, n. 9-10, p. 897 – 911, 2008.

JABLONSKI, S.; VOLZ, B.; DORNSTAUDER, S. A Meta Modeling Framework for Domain Specific Process Management. In: *32th Annual IEEE International Computer Software and Applications Conference*, Washington, DC, USA, 2008, p. 1011–1016.

JACOBSON, I.; BOOCH, G.; RUMBAUGH, J. *The Unified Software Development Process*. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1999.

- JAKJOURD, A.; ZRIKEM, M.; BARON, C.; AYADI, A. SysPEM: Toward a consistent and unified system process engineering metamodel. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v. 27, n. 1, p. 149–166, 2016.
- JURISTO, N.; MORENO, A. M. *Basics of Software Engineering Experimentation*. 1st ed. Madrid, Madrid, Spain: Springer Publishing Company, Incorporated, 2010.
- KANG, H.; DAI, F.; HUANG, B. Evolution Process Component Description Language. In: *International Conference on MultiMedia and Information Technology*, Washington, DC, USA, 2008, p. 306–309.
- KÄSTNER, C.; APEL Integrating Compositional and Annotative Approaches for Product Line Engineering. In: *Proc. Work. on Mod., Comp., and Gen. Tech. for Prod. Line Eng. (McGPLE)*, 2008, p. 35–40.
- KEDJI, K. A.; LBATHD, R.; COULETTE, B.; NASSAR, M.; BARESE, L.; RACARU, F. Supporting collaborative development using process models: An integration-focused approach. In: *International Conference on Software and System Process (ICSSP)*, 2012, p. 120–129.
- KERZAZI, N.; LAVALLÉE, M.; ROBILLARD, P.-N. A Knowledge-Based Perspective for Software Process Modeling. *e-Informatica Software Engineering Journal*, v. 7, p. 25–33, 2013.
- KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. Relatório Técnico EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report, 2007.
- KOUDRI, A.; CHAMPEAU, J. MODAL: A SPEM Extension to Improve Co-design Process Models. In: *New Modeling Concepts for Today's Software Processes*, v. 6195 de *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin Heidelberg, p. 248–259, 2010.
- LEE, S.; SHIM, J.; WU, C. A Metal Model Approach using UML for Task Assignment Policy in Software Process. In: *9th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC 2002)*, Gold Coast, Queensland, Australia, 2002, p. 376–384.
- LEON, D. C.; SHRESTHA, S. Requirements are the New Code. In: *40th IEEE Annual Computer Software and Applications Conference, COMPSAC 2016, Atlanta, GA, USA*, 2016, p. 691–694.

- MACIEL, R. S. P.; SILVA, B. C. D.; MAGALHÃES, A. P. F.; ROSA, N. S. An Integrated Approach for Model Driven Process Modeling and Enactment. In: *XXIII Brazilian Symposium on Software Engineering*, Washington, DC, USA, 2009, p. 104–114.
- MARCOLINO, A.; OLIVEIRAJR, E.; GIMENES, I. Towards the Effectiveness of the SMarty Approach for Variability Management at Sequence Diagram Level. In: *International Conference on Enterprise Information Systems*, 2014a, p. 249–256.
- MARCOLINO, A.; OLIVEIRAJR, E.; GIMENES, I.; BARBOSA, E. Empirically Based Evolution of a Variability Management Approach at UML Class Level. In: *International Conference on Computers, Software & Applications*, 2014b, p. 354–363.
- MARCOLINO, A.; OLIVEIRAJR, E.; GIMENES, I.; MALDONADO, J. Towards the Effectiveness of a Variability Management Approach at Use Case Level. In: *International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering*, 2013, p. 214–219.
- MARTÍNEZ-RUIZ, T.; GARCÍA, F.; PIATTINI, M. Towards a SPEM v2.0 Extension to Define Process Lines Variability Mechanisms. In: *Software Engineering Research, Management and Applications*, v. 150 de *Studies in Computational Intelligence*, Springer Berlin Heidelberg, p. 115–130, 2008.
- MARTÍNEZ-RUIZ, T.; GARCÍA, F.; PIATTINI, M.; MÜNCH, J. Applying AOSE Concepts to Model Crosscutting Variability in Variant-Rich Processes. In: *37th EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications*, 2011a, p. 334–338.
- MARTÍNEZ-RUIZ, T.; GARCÍA, F.; PIATTINI, M.; MÜNCH, J. Modelling software process variability: an empirical study. *IET Software*, v. 5, n. 2, p. 172–187, 2011b.
- MARTÍNEZ-RUIZ, T.; MÜNCH, J.; GARCÍA, F.; PIATTINI, M. Requirements and Constructors for Tailoring Software Processes: A Systematic Literature Review. *Software Quality Journal*, v. 20, n. 1, p. 229–260, 2012.
- MARTINHO, R.; VARAJÃO, J.; DOMINGOS, D. A Two-Step Approach for Modelling Flexibility in Software Processes. In: *23rd IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering*, Washington, DC, USA, 2008, p. 427–430.
- MARTINHO, R.; VARAJÃO, J.; DOMINGOS, D. FlexSPMF: A Framework for Modelling and Learning Flexibility in Software Processes. In: *2Nd World Summit on the Knowledge Society: Visioning and Engineering the Knowledge Society. A Web Science Perspective*, Berlin, Heidelberg, 2009, p. 78–87.

- MIN, S.-Y.; LEE, H.-D.; BAE, D.-H. SoftPM: a software process management system reconciling formalism with easiness. *Information and Software Technology*, v. 42, n. 1, p. 1 – 16, 2000.
- NITTO, E. D.; LAVAZZA, L.; SCHIAVONI, M.; TRACANELLA, E.; TROMBETTA, M. Deriving Executable Process Descriptions from UML. In: *24th International Conference on Software Engineering*, New York, NY, USA, 2002, p. 155–165.
- NOACK, JORG Extending the Software Development Process with a Toolkit of UML-centred Techniques. In: *International Conference on Software Methods and Tools (SMT'00)*, Washington, DC, USA, 2000, p. 87–96.
- OKTABA, H.; ALQUICIRA, C.; PINO, F. J.; RUIZ, F.; PIATTINI, M.; MARTINEZ, T.; GARCIA, F. *COMPETISOFT: na improvement strategy for small latin-american software organizations*. USA: Idea Group, Inc., 211-222 p., 2008.
- OLIVEIRAJR, E.; GIMENES, I.; MALDONADO, J. Systematic Management of Variability in UML-based Software Product Lines. *Journal of Universal Computer Science*, v. 16, n. 17, p. 2374–2393, 2010.
- OLIVEIRAJR, E.; PAZIN, M. G.; GIMENES, I. M. S.; KULESZA, U.; ALEIXO, F. A. SMartySPEM: A SPEM-Based Approach for Variability Management in Software Process Lines. In: *14th International Conference on Product-Focused Software Process Improvement*, 2013, p. 169–183.
- OMG Software & Systems Process Engineering Metamodel Specification Version 2.0. [On-line].
Disponível em <http://www.omg.org/spec/SPEM/2.0/>
- PÍCHA, P.; BRADA, P. Alm tool data usage in software process metamodeling. In: *42th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)*, 2016, p. 1–8.
- PILLAT, R. M.; OLIVEIRA, T. C.; ALENCAR, P. S.; COWAN, D. D. BPMNt: A BPMN extension for specifying software process tailoring. *Information and Software Technology*, v. 57, p. 95–115, 2015.
- PODNAR, I.; MIKAC, B.; CARIC, A. SDL Based Approach to Software Process Modeling. In: *7th European Workshop on Software Process Technology*, London, UK, UK, 2000, p. 190–202.

- REIS, C. A. L.; REIS, R. Q.; ABREU, M.; SCHLEBBE, H.; NUNES, D. J. Flexible Software Process Enactment Support in the APSEE Model. In: *IEEE 2002 Symposia on Human Centric Computing Languages and Environments*, Washington, DC, USA, 2002, p. 112–121.
- ROMBACH, D. Integrated Software Process and Product Lines. In: *International Conference on Unifying the Software Process Spectrum*, 2005, p. 83–90.
- ROUILLÉ, E.; COMBEMALE, B.; BARAIS, O.; TOUZET, D.; JÉZÉQUEL, J.-M. Leveraging CVL to Manage Variability in Software Process Lines. In: *Asia-Pacific Software Engineering Conference*, 2012, p. 148–157.
- RUIZ, F.; VIZCAÍNO, A.; GARCÍA, F.; PIATTINI, M. Using XMI and MOF for Representation and Interchange of Software Processes. In: *14th International Workshop on Database and Expert Systems Applications*, Washington, DC, USA, 2003, p. 739–744.
- RUIZ, F. J. B.; ÓSCAR SÁNCHEZ RAMÓN; MOLINA, J. G. A tool to support the definition and enactment of model-driven migration processes. *Journal of Systems and Software*, v. 0, p. 0–0, 2017.
- SALMAN, I.; MISIRLI, A. T.; JURISTO, N. Are Students Representatives of Professionals in Software Engineering Experiments? In: *2015 IEEE/ACM 37th IEEE International Conference on Software Engineering*, 2015, p. 666–676.
- SHULL, F.; CARVER, J.; TRAVASSOS, G. H. An Empirical Methodology for Introducing Software Processes. In: *8th European Software Engineering Conference Held Jointly with 9th ACM SIGSOFT International Symposium on Foundations of Software Engineering*, New York, NY, USA, 2001, p. 288–296.
- SVAHNBERG, M.; AURUM, A.; WOHLIN, C. Using Students As Subjects - an Empirical Evaluation. In: *International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ACM-IEEE)*, New York, NY, USA: ACM, 2008, p. 288–290.
- THU, T. D.; NHI, T. H.; BICH THUY, D. T.; COULETTE, B.; CREGUT, X. Topological properties for characterizing well-formedness of process components. *Software Process: Improvement and Practice*, v. 10, n. 2, p. 217–247, 2005.
- TRAN, H. N.; COULETTE, B.; DONG, B. T. Modeling Process Patterns and Their Application. In: *2nd International Conference on Software Engineering Advances (ICSEA 2007), August 25-31, 2007, Cap Esterel, French Riviera, France*, 2007, p. 15–20.

WASHIZAKI, H. Deriving Project-Specific Processes from Process Line Architecture with Commonality and Variability. In: *IEEE International Conference on Industrial Informatics*, 2006, p. 1301–1306.

WOHLIN, C.; RUNESON, P.; HÖST, M.; OHLSSON, M. C.; REGNELL, B.; WESSLÉN, A. *Experimentation in Software Engineering: An Introduction*. Norwell, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, 2000.

WOHLIN, C.; RUNESON, P.; HST, M.; OHLSSON, M. C.; REGNELL, B.; WESSLN, A. *Experimentation in Software Engineering*. Madrid, Madrid, Spain: Springer Publishing Company, Incorporated, 2012.

WU, M.; LI, G.; YING, J.; YAN, H. A Metamodel Approach to Software Process Modeling Based on UML Extension. In: *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 2006, p. 4508–4512.

ZAMLI, K. Z.; LEE, P. A. Modeling and Enacting Software Processes Using VRPML. In: *10th Asia-Pacific Software Engineering Conference*, Washington, DC, USA, 2003, p. 243–252.

Apêndice A - Linguagens de Modelagem de Processos de Software: Uma Revisão Sistemática de Literatura

A.1 Introdução

Neste apêndice é apresentada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) que identifica as Linguagens de Modelagem de Processos de Software (LMPS) encontradas na literatura, complementando o estudo secundário de García-Borgoñón et al. (2014).

Este estudo contribui para o campo da modelagem de processos de software de quatro maneiras: (1) revisando e apresentando todas as LMPS criadas desde o ano de 2012; (2) resumindo quais problemas foram abordados na Engenharia de Processos de Software por meio de linguagens de modelagem de processos de software, (3) criando uma nova taxonomia para linguagens de modelagem de processos de software para classificá-las pela sua tecnologia base e (4) oferecendo diretrizes para pesquisas futuras (García-Borgoñón et al., 2014).

A.2 Metodologia

As diretrizes propostas por Kitchenham e Charters (2007) foram seguidas para realizar esta RSL. Três fases foram definidas: planejamento, condução e elaboração de relatórios. A atividade de planejamento definiu o protocolo da revisão. Este protocolo prescreve um procedimento controlado para a execução da revisão e inclui questões de pesquisa, estratégias de busca e avaliação, critérios de inclusão e exclusão e avaliação da qualidade dos estudos. A segunda fase realiza a execução do protocolo definido. Finalmente, a última fase descreve o relatório final dos estudos encontrados.

A.2.1 Questões de Pesquisa

Encontrar a melhor maneira de representar processos de software continua sendo um dos principais temas de pesquisa na área da engenharia de software. Com o objetivo de apresentar a relação das LMPS encontradas na literatura, a seguinte questão de pesquisa geral foi definida por García-Borgoñón et al. (2014) e considerada neste estudo: (QP): “Qual é o estado da arte em linguagens de modelagem de processos de software?”.

Com base na questão de pesquisa geral, três questões mais específicas guiaram este trabalho:

- (QP1): Quais linguagens de modelagem de processos de software têm sido definidas?
- (QP2): Qual é a tendência atual para selecionar a tecnologia base para definir uma LMPS?
- (QP3): Quais são as limitações da pesquisa atual?

A.2.2 Estratégia de Pesquisa

O primeiro passo do planejamento do estudo foi definir as *strings* de busca. Como a seleção era relevante para a qualidade dos resultados, foram utilizados termos gerais com o objetivo de confirmar que a maioria dos trabalhos definidos na literatura seriam encontrados. A seguinte expressão booleana foi utilizada para buscar os estudos nas bases indexadas: (“Software process” AND (“Description” OR “Definition” OR “Modeling”) AND (“Metamodel” OR “Language”)).

A pesquisa original de García-Borgoñón et al. (2014) foi realizada por meio das seguintes bases de dados: *ACM Digital Library*, *Ei Compendex*, *IEEE Xplore*, *Isi Web Of Knowledge*, *Science Direct*, *SCOPUS* e *Wiley InterScience Journal Finder*. Neste estudo não foi possível incluir a base de dados *Isi Web Of Knowledge* pois o acesso da instituição estava bloqueado durante a realização das pesquisas.

Com o objetivo de apresentar o estado da arte das LMPS encontradas na literatura, ou seja, apresentar uma visão geral de todas as linguagens encontradas para a modelagem de processos de software, foi definido que estudos de controle poderiam ser considerados nos resultados apresentados. Esse tipo de estudo é considerado relevante para a pesquisa realizada, baseado no conhecimento dos autores, independentemente de fazer parte dos resultados encontrados durante a execução de uma RSL.

A.2.3 Seleção dos Estudos e Critérios de Inclusão e Exclusão

O processo de seleção dos estudos foi realizado em 6 fases por García-Borgoñón et al. (2014). Neste estudo complementar, somente 4 fases foram consideradas pois não havia um grupo de pesquisadores para realizar as reuniões de consenso sobre os estudos. Embora possa ser considerada uma ameaça ao estudo, o autor foi o único pesquisador envolvido na leitura do trabalhos. A Tabela - 1.1 apresenta as fases definidas para este estudo. O objetivo de tal processo de seleção foi identificar os artigos relevantes que podem responder as questões de pesquisa definidas.

Tabela 1.1: Fases da seleção dos estudos

Fase	Descrição da Fase
P1	Seleção dos estudos retornados na pesquisa
P2	Filtro dos estudos com base no ano
P3	Inclusão dos estudos com base nos títulos, resumos e palavras-chave
P4	Inclusão dos estudos com base na leitura completa

A Tabela - 1.2 apresenta os critérios de inclusão e exclusão considerados em cada fase do processo de seleção.

Tabela 1.2: Critérios de inclusão e exclusão por fase

Fase	Critério de Inclusão/Exclusão
	Não duplicado
P1	Estudo publicado Contendo as <i>strings</i> de busca
P2	Data de publicação após o ano 2012
P3	Não editorial, prefácio e discussão Estudo em Inglês
P4	Linguagem nova ou modificação proposta Não <i>survey</i> ou revisão

A.2.4 Avaliação da Qualidade dos Estudos

A avaliação da qualidade dos estudos foi realizada com base em um questionário. Foram definidas 3 questões com 3 opções de respostas. A Tabela - 1.3 mostra as questões de avaliação da qualidade e os critérios descritos para avaliá-las.

Tabela 1.3: Questionário de avaliação da qualidade

Questões de avaliação e repostas

QA1: O estudo fez uma revisão prévia sobre o tópico da pesquisa?

Sim: ou comparou a pesquisa com uma situação contextual ou mencionou gerações diferentes de LMPS.

Parcialmente: mencionou apenas alguns pesquisadores relacionados e não estabeleceu uma revisão clara sobre o tópico.

Não: não mencionou nenhuma pesquisa anterior.

QA2: O estudo mencionou uma tecnologia base para sua proposta?

Sim: explicou qual foi o ponto de partida e por que.

Parcialmente: comentou sobre a base de apoio, mas não explicou porque.

Não: começou do zero sem qualquer justificção.

QA3: O estudo mostrou uma continuação contínua da pesquisa?

Sim: mostrou futuras pesquisas no campo das LMPS.

Parcialmente: mostrou apenas trabalhos futuros sobre a proposta.

Não: nenhum trabalho futuro da pesquisa foi apresentado.

A.3 Resultados

Esta seção apresenta os resultados desta RSL. Os resultados da pesquisa são apresentados juntamente com a avaliação da qualidade dos estudos.

A.3.1 Resultados da Pesquisa

Durante a execução do protocolo definido, o processo de seleção foi realizado. A Figura - 1.1 apresenta três diferentes dados para cada base de pesquisa. Inicialmente, os estudos que foram recuperados são comparados com o número de estudos selecionados para a leitura ao aplicar os critérios de inclusão e exclusão. Por fim, o número de trabalhos selecionados e considerados relevantes para esta RSL.

Os estudos que foram incluídos e encontrados em mais de uma fonte também foram incluídos na Figura - 1.1 para evitar penalizar qualquer base de pesquisa. A Tabela - 1.4 apresenta o número de estudos incluídos e excluídos por fase de seleção, conforme a Tabela - 1.1 e a Tabela - 1.2.

O total de 11 estudos foram selecionados após a última fase onde foi realizada a leitura na íntegra dos trabalhos. Para complementar, este estudo incluiu um trabalho de controle, o qual não foi encontrado nas buscas mas pode ser considerado relevante para

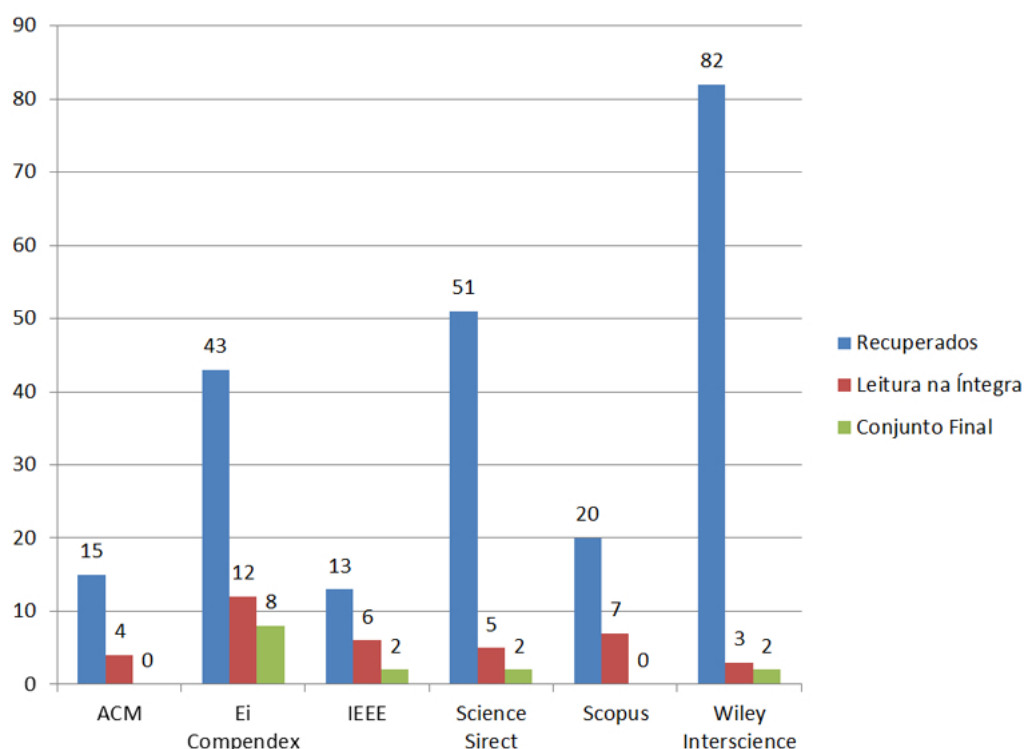


Figura 1.1: Estudos obtidos e selecionados por base de pesquisa.

Tabela 1.4: Estudos incluídos e excluídos por fase.

Fase	Incluídos	Excluídos
P1-P2	213	11
P3	36	177
P4	11	25

esta pesquisa. Abordagem *SMartySPEM* de Oliveira Jr et al. (2013) foi considerada um estudo de controle. Dessa forma, 12 trabalhos foram selecionados.

A.3.2 Avaliação da Qualidade

No estudo de García-Borgoñón et al. (2014), os trabalhos incluídos foram submetidos a uma avaliação da qualidade por meio de um questionário, conforme apresentado na Tabela - 1.3. O objetivo foi mensurar seu grau de representatividade. Esse questionário também foi aplicado para avaliar os estudos selecionados nesta RSL.

A Figura - 1.2 apresenta a cobertura de cada questão de avaliação para os estudos selecionados. As questões de avaliação QA1 e QA2 apresentaram uma taxa superior para a resposta Sim. Em geral, isso indica que os estudos selecionados realizaram uma revisão prévia sobre o contexto e as LMPS encontradas na literatura. Além disso,

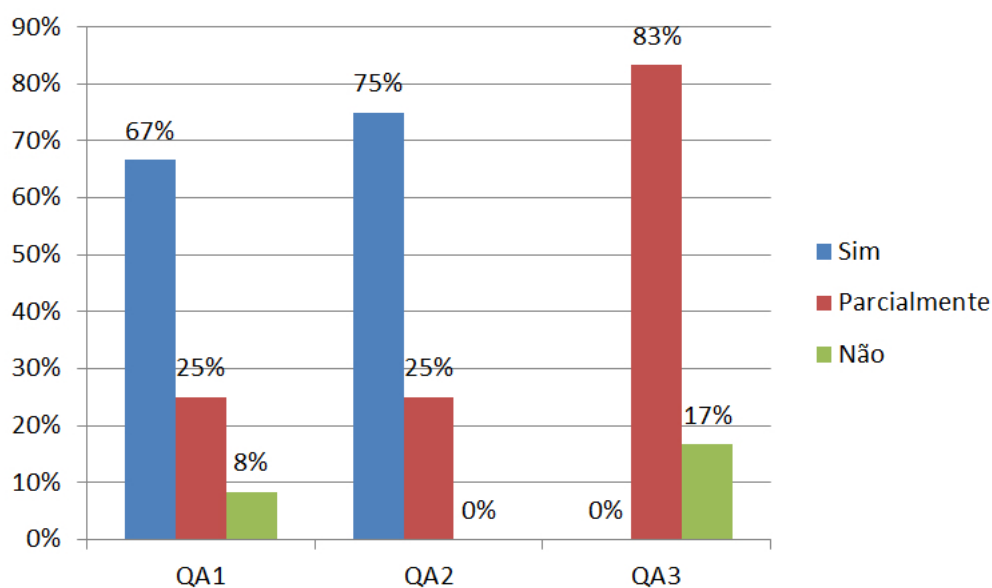


Figura 1.2: Resultados da avaliação da qualidade dos estudos.

também explicaram o motivo que levou a utilização de determinadas tecnologias como base para propor a LMPS apresentada. Para a questão de avaliação QA3, a resposta Parcialmente indica que os estudos se focaram mais em apresentar trabalhos futuros apenas da abordagem proposta.

A.4 Discussão

Esta seção apresenta os estudos selecionados, relacionando às questões de pesquisa que guiaram esta RSL. As análises apresentadas foram simplificadas para o contexto desta dissertação, realizando uma análise menos detalhada em relação ao estudo de García-Borgoñón et al. (2014).

A.4.1 Quais linguagens de modelagem de processos de software têm sido definidas?

Complementando o estudo de García-Borgoñón et al. (2014), a Figura - 1.3 apresenta um resumo das LMPS definidas entre os anos de 2000 e 2017. Esta RSL considerou os estudos definidos a partir do ano de 2012, conforme a linha divisória destacada na figura.

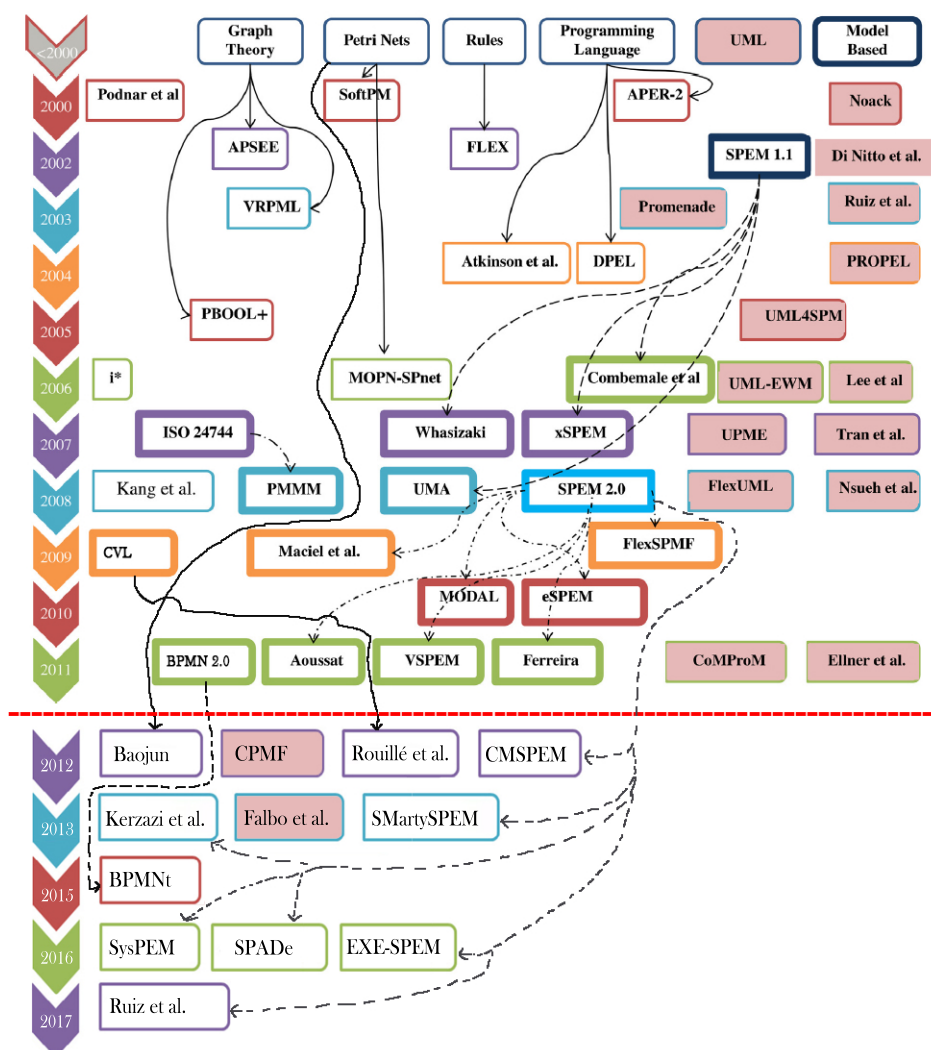


Figura 1.3: LMPs selecionadas e organizadas pelo ano da publicação e pela tecnologia base.

A.4.2 Qual é a tendência atual para selecionar a tecnologia base para definir uma LMPs?

A Tabela - 1.5 apresenta os estudos selecionados por García-Borgoñón et al. (2014) entre os anos 2000 e 2011. A Tabela - 1.6 apresenta os resultados desta revisão complementar, realizando a correspondência entre cada LMPs e a tecnologia base utilizada para a definição da linguagem. Podemos observar pela coluna Tec. Base da Tabela - 1.6 que diferentes tecnologias são consideradas, como as redes de petri, a UML, a CVL, o SysML

e o BPMN. Entretanto, a principal tecnologia utilizada foi o metamodelo SPEM, na sua versão 2.0.

Tabela 1.5: Relação entre as LMPS e a tecnologia base de cada estudo selecionado em García-Borgoñón et al. (2014).

Ano	Abordagem	Ref.	Tec. Base
2000	APER-2	(Chen et al., 2000)	PML
2000	SoftPM	(Min et al., 2000)	Petri-Nets
2000	Noock	(Noack, Jorg, 2000)	UML
2000	Podnar et al.	(Podnar et al., 2000)	PML
2002	FLEX	(Chen, Cheng and Shen, Bei-jun and GU, Yu-qing, 2012)	PML
2002	Di Nitto et al.	(Nitto et al., 2002)	UML
2002	APSEE	(Reis et al., 2002)	Graph PML
2003	PROMENADE	(Franch e Balust, 2003)	UML
2003	Ruiz et al.	(Ruíz et al., 2003)	UML
2003	VRPML	(Zamli e Lee, 2003)	Graph PML
2004	Atkinson et al.	(Atkinson et al., 2004)	PML
2004	DPEL	(Chou, 2004)	PML
2004	PROPEL	(Hagen, 2004)	UML
2005	UML4SPM	(Bendraou et al., 2005)	UML
2005	PBOOL+	(Thu et al., 2005)	Graph PML
2006	Lee et al.	(Lee et al., 2002)	UML
2006	i*	(Cares et al., 2006)	PML
2006	Combemale et al.	(Combemale et al., 2006)	SPEM 1.1
2006	UML-EWM	(Debnath et al., 2006)	UML
2006	MOPN-SP-net	(Ge et al., 2006)	Petri-Nets
2007	Tran et at	(Tran et al., 2007)	UML
2007	Washizaki	(Washizaki, 2006)	SPEM 1.1
2007	UPME	(Wu et al., 2006)	UML
2007	xSPEM	(Bendraou et al., 2007)	SPEM 2.0
2008	Hsueh et al.	(Hsueh et al., 2008)	UML
2008	PMMM	(Jablonski et al., 2008)	Powertypes
2008	Kang et al.	(Kang et al., 2008)	XML
2008	FlexUML	(Martinho et al., 2008)	UML
2009	Maciel et al.	(Maciel et al., 2009)	SPEM 2.0
2009	FlexSPMF	(Martinho et al., 2009)	SPEM 2.0
2010	MODAL	(Koudri e Champeau, 2010)	SPEM 2.0
2010	eSPEM	(Ellner et al., 2010)	SPEM 2.0
2011	Aoussat	(Aoussat et al., 2011)	SPEM 2.0
2011	Ellner et al.	(Ellner et al., 2011)	OMG's FUML
2011	Ferreira	(Ferreira et al., 2011)	UML
2011	vSPEM	(Martínez-Ruiz et al., 2011a)	SPEM 2.0
2011	CoMProM	(Golra e Dagnat, 2011)	UML

Tabela 1.6: Relação entre as LMPS e a tecnologia base de cada proposta.

Ano	Abordagem	Referência	Tec. Base
2012	Baojun	(Baojun, 2012)	Rede de Petri
2012	CPMF	(Golra e Dagnat, 2012)	UML
2012	Rouillé et al.	(Rouillé et al., 2012)	CVL
2012	CMSPEM	(Kedji et al., 2012)	SPEM 2.0
2013	Kerzazi et al.	(Kerzazi et al., 2013)	SPEM 2.0
2013	Falbo et al.	(Falbo et al., 2013)	UML
2013	SMartySPEM	(OliveiraJr et al., 2013)	SPEM 2.0
2015	BPMNt	(Pillat et al., 2015)	BPMN
2016	SysPEM	(Jakjoud et al., 2016)	SysML e SPEM 2.0
2016	SPADe	(Pícha e Brada, 2016)	SPEM 2.0
2016	EXE-SPEM	(Alajrami et al., 2016)	SPEM 2.0
2017	Ruiz et al.	(Ruiz et al., 2017)	SPEM 2.0

A.4.3 Quais são as limitações da pesquisa atual?

Uma análise sobre as limitações e trabalhos futuros dos estudos selecionados nesta RSL foi realizada com base nas informações fornecidas pelos autores. A Tabela - 1.7 e a Tabela - 1.8 apresentam um resumo sobre os trabalhos futuros e limitações que precisam ser endereçadas pelas LMPS.

Tabela 1.7: Limitações e trabalhos futuros do estudos selecionados.

Ano	LMPS	Limitações e Trabalhos Futuros
2012	Baojun	N/D
2012	CPMF	Estender a linguagem CPMF para gerar múltiplos processos e suportar execução de processos.
2012	Rouillé et al.	Buscar soluções para a dificuldade de editar e manter processos, e implementar uma ferramenta para análise estática e um mecanismo para derivação.
2012	CMSPEM	Aplicar novos cenários e estudos de caso, além de estender a abordagem para outras atividades de processos.
2013	Kerzazi et al.	Estudar a propagação e expressividade de conhecimento através de todas as fases do processo de software.
2013	Falbo et al.	N/D
2013	SMartySPEM	Identificar novos elementos que possam sofrer variabilidade, investigar ou propor novas LPrS e realizar experimentos de validação.

Tabela 1.8: Limitações e trabalhos futuros do estudos selecionados.

Ano	LMPS	Limitações e Trabalhos Futuros
2015	BPMNt	Adicionar novas regras para adaptar modelos da abordagem de forma correta, expandir o conjunto de elementos BPMN para novas operações e facilitar a adaptação e rastreabilidade por meio de ferramenta.
2016	SysPEM	Necessidade de implementar um mecanismo para automatizar o controle de processos e criar estudos de caso.
2016	SPADe	Validar a proposta apresentada, criar modelos de uso da metodologia e estabelecer novos padrões para realizar a classificação e representação apropriada dos processos.
2016	EXE-SPEM	Propor uma plataforma para executar modelos EXE-SPEM em clouds híbridos, além de novos algoritmos para mapear modelos EXE-SPEM para a notação XML.
2017	Ruiz et al.	Estender a arquitetura da proposta para suportar qualquer tipo de processo de software, suportar dependências complexas entre tarefas, integrar com ferramentas externas e implementar um mecanismo de rastreabilidade.

A.5 Ameaças à Validade

Além das ameaças levantadas por García-Borgoñón et al. (2014), as seguintes ameaças surgiram durante a execução deste estudo:

- Embora as bases de pesquisa utilizadas neste estudo sejam representativas, existem outras opções que não foram consideradas neste estudo, como a *Engineering Village*. Também não foi possível acessar os estudos da base *Isi Web Of Knowledge*, o que pode ter influenciado nos resultados finais;
- É possível afirmar que nem todos os motores de busca das bases de pesquisa utilizadas oferecem um mecanismo eficiente para seleção dos trabalhos. Adicionalmente, sobre as strings de busca definidas, embora possuam termos considerados genéricos, não é possível afirmar que sejam suficientes para encontrar todas as LMPS definidas na literatura. Por esse motivo, foram considerados estudos de controle que poderiam ser incluídos nesta RSL; e
- Diferentemente do estudo de García-Borgoñón et al. (2014), não foi possível ter um grupo de pesquisadores empenhados em auxiliar na seleção dos estudos. Dessa

forma, uma possível ameaça seja a tomada de decisões subjetivas do autor no momento da seleção dos estudos.

A.6 Conclusão

Os resultados apresentados neste estudo são importantes para apresentar uma visão geral sobre as tecnologias que foram surgindo ao longo dos anos para endereçar diversas necessidades na modelagem de processos de software. Dessa forma, pesquisadores e profissionais da área poderiam se apoiar nos resultados para traçar novos caminhos de estudo ou identificar possibilidades de ferramentas que possam causar maior eficiência no gerenciamento de processos de software.

Apêndice B - Instrumentos do Estudo Quantitativo

Neste apêndice são listados os documentos que fizeram parte da instrumentação definida para executar o experimento quantitativo apresentado no Capítulo 3 desta dissertação. As próximas seções apresentam os seguintes documentos entregues ao participantes: (i) um termo de consentimento ao estudo privando a confidencialidade das respostas, (ii) um questionário de caracterização para mensurar a experiência do participante sobre os assuntos abordados (iii) um documento (A1 ou A2) com as tarefas do experimento.

B.1 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

A Figura - 2.1 apresenta o termo de consentimento assinado pelos participantes do estudo qualitativo.

B.2 Questionário de Caracterização dos Participantes

A Figura - 2.2 e a Figura - 2.3 apresentam o questionário de caracterização distribuído para os participantes.

B.3 Documentos com as Tarefas do Estudo

Para a realização do estudo controlado apresentado no Capítulo 3, foram criados dois documentos (A1 e A2) contendo quatro blocos de tarefas. Essas tarefas foram baseadas em fragmentos de processo de software extraídos do modelo de referência COMPETISOFT (Oktaba et al., 2008) e modelados com *SMartySPeM* (Oliveira Jr et al., 2013) e *vSPeM* (Martínez-Ruiz et al., 2008).

B.3.1 Documento A1

A Figura - 2.4, a Figura - 2.5, a Figura - 2.6, a Figura - 2.7, a Figura - 2.8, a Figura - 2.9, a Figura - 2.10 e a Figura - 2.11 ilustram as páginas do Documento A1.

B.3.2 Documento A2

A Figura - 2.12, a Figura - 2.13, a Figura - 2.14, a Figura - 2.15, a Figura - 2.16, a Figura - 2.17, a Figura - 2.18 e a Figura - 2.19 ilustram as páginas do Documento A2.

Doc. 01 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)		
Mestrando / Pesquisador:	Maicon Giovane Pazin	
Participante:		Data:
E-mail para Contato:		
<p>Prezado(a) Senhor(a),</p> <p>Os mestrandos do Departamento de Informática (DIN) eventualmente realizam estudos experimentais para caracterizar/avaliar uma determinada tecnologia de software. Estes estudos são conduzidos por alunos de Pós-graduação em Ciência da Computação (PCC) do Departamento de Informática (DIN) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), sob a orientação do Prof. Edson Alves de Oliveira Júnior. Você foi previamente selecionado pelo seu perfil/conhecimento/experiência e está sendo convidado a participar desta pesquisa. Essa pesquisa será feita com base em dados coletados a partir de trabalhos práticos. Embora o trabalho prático faça parte da disciplina, você tem o direito de não permitir a utilização dos dados do seu trabalho na pesquisa.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Procedimentos O estudo será realizado com data e hora marcada com os participantes pré-selecionados. Para participar do estudo normalmente será aplicado um formulário de caracterização de perfil, a fim de identificar seu nível de conhecimento/experiência. Em seguida, o estudo será executado de forma individual ou em grupos formados, seguindo sempre o planejamento do estudo feito pelo pesquisador(a) responsável. Caso seja necessário, ao final do estudo será solicitado ao participante que responda um questionário de avaliação sobre a tecnologia de software que está sendo caracterizada/avaliada. 2) Tratamento de possíveis riscos e desconfortos Serão tomadas todas as providências durante a coleta de dados de forma a garantir a sua privacidade e seu anonimato. Além disso, não existem riscos ou desconfortos que poderão afetar o participante durante a condução do estudo. Ex: fadiga, estresse, mal estar, dentre outros. 3) Benefícios e Custos Espera-se que, como resultado deste estudo, você possa aumentar seus conhecimentos, de maneira a contribuir para o aumento da qualidade das atividades com as quais você trabalhe ou possa vir a trabalhar. Este estudo também contribuirá com resultados importantes para a pesquisa de um modo geral no programa de Pós-graduação em Ciência da Computação (PCC) do Departamento de Informática (DIN) da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Você não terá nenhum gasto ou ônus com a sua participação no estudo e também não receberá qualquer espécie de reembolso ou gratificação devido à autorização dos seus dados na pesquisa. 4) Confidencialidade da Pesquisa Toda informação coletada neste estudo é confidencial e seu nome não será identificado de modo algum, a não ser em caso de autorização explícita para este fim. Quando os dados forem coletados, seu nome será removido dos mesmos e não será utilizado em nenhum momento durante a análise ou apresentação dos resultados. 5) Participação Sua participação neste estudo é muito importante e voluntária, pois requer a sua aprovação para utilização dos dados coletados neste estudo. Segundo a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), o respeito devido à dignidade humana exige que toda pesquisa se processe após assentimento livre e esclarecido. Você tem o direito de não querer participar ou de sair deste estudo a qualquer momento, sem penalidades. Em caso de você decidir se retirar do estudo, favor notificar o pesquisador(a) responsável. Os pesquisadores responsáveis pelo estudo poderão fornecer qualquer esclarecimento sobre o mesmo, assim como tirar dúvidas. Coordenador: Prof. Edson Alves de Oliveira Júnior - edson@din.uem.br Pesquisador: Mestrando Maicon Giovane Pazin - maiconpazin@gmail.com 6) Declaração de Consentimento Declaro que li e estou de acordo com as informações contidas neste documento e que toda linguagem técnica utilizada na descrição deste estudo de pesquisa foi explicada satisfatoriamente, recebendo respostas para todas as minhas dúvidas. Confirmando também que recebi uma cópia deste Termo (TCLE), compreendo que sou livre para não autorizar a utilização dos meus dados neste estudo em qualquer momento, sem qualquer penalidade. Declaro ter mais de 18 anos e concordo de espontânea vontade em participar deste estudo. <p style="text-align: right;"><i>Obrigado pela sua colaboração!</i></p> <p style="text-align: center;">_____</p> <p style="text-align: center;">Mestrando Maicon Giovane Pazin</p> <p style="text-align: center;">_____</p> <p style="text-align: center;">Assinatura do Participante</p>		

Figura 2.1: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) assinados pelos participantes do estudo.

**Doc.
02**

Questionário de Caracterização de Participante em Estudo Empírico Quantitativo

“Avaliação de Efetividade da abordagem SMartySPEM para Gerenciamento de Variabilidade em Diagramas de Processo de Software”

Nome - ID do Participante

Nas perguntas a seguir, quando duas ou mais alternativas forem válidas, marque a alternativa que mais se aplica ao seu caso.

1. Qual o seu nível de formação?

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Graduando | <input type="checkbox"/> Graduado |
| <input type="checkbox"/> Pós-graduando (Especialização) | <input type="checkbox"/> Pós-graduado (Especialização) |
| <input type="checkbox"/> Mestrando | <input type="checkbox"/> Mestre |
| <input type="checkbox"/> Doutorando | <input type="checkbox"/> Doutor |

2. Em qual setor atua?

- Acadêmico (ensino) Industrial (empresarial/corporativo)

3. Qual o nome da empresa/universidade que atua?

4. Quanto tempo possui de experiência na área que atua?

_____ meses ou _____ anos

5. Qual a sua experiência com a notação UML com relação aos diagramas de casos de uso e de classes?

- Eu **nunca** modeliei um software usando a UML.
- Minha experiência com a notação UML é básica.**
Eu modelo software somente no nível dos elementos mais comuns da UML como casos de uso; classes e herança.
- Minha experiência com a notação UML é moderada.**
Eu modelo software no nível dos elementos da opção anterior, além de: relacionamentos de dependência *include* e *extend*, e *extension points* em diagramas de casos de uso; e polimorfismo, associação (uni e bi-direcionais), dependência, agregação e composição em classes.
- Minha experiência com a notação UML é avançada.**
Eu modelo software que exige a utilização de todos os elementos de diagramas de casos de uso e classes, além de outros diagramas da UML como, por exemplo, diagramas de colaboração, sequência, e componentes.

Figura 2.2: Página 1 do Questionário de Caracterização de Participante.

6. Qual a sua experiência com relação à abordagem de Linha de Processo de Software (LPrS) e Gerenciamento de Variabilidade?

- Eu **nunca** ouvi falar a respeito de LPrS.
- Já li**, de forma superficial, algo a respeito de LPrS.
- Minha experiência com LPrS é básica.**
Eu conheço os seguintes conceitos da abordagem: modelagem de LPrS e suas atividades. Porém, **não tenho experiência com gerenciamento de variabilidades.**
- Minha experiência com LPrS é moderada.**
Eu conheço os conceitos da opção anterior, e com relação ao gerenciamento de variabilidades, eu sei o conceito de pontos de variação, variantes e os seus relacionamentos, além dos conceitos de resolução de variabilidades.
- Minha experiência com LPrS é avançada.**
Eu conheço os conceitos da opção anterior, além de alguns métodos e técnicas existentes de modelagem de LPrS. Com relação ao gerenciamento de variabilidades, eu sei os conceitos da opção anterior, além de: modelos de resolução; abordagens existentes para o gerenciamento de variabilidades, e representação de variabilidades (usando a UML, SPEM, entre outras).

7. Você já teve alguma experiência ou conhecimento à respeito da abordagem *Stereotype-based Management of Variability (SMarty)*?

- Sim Não

8. Você já teve alguma experiência ou conhecimento à respeito do metamodelo *Software Process Engineering Metamodel (SPEM)* para modelagem, representação e gerenciamento de processos de software?

- Sim Não

Assinatura do Participante	Local e Data
	Maringá, Paraná - Brasil 30/10/2014

Figura 2.3: Página 2 do Questionário de Caracterização de Participante.

Exercício A1

ID Participante _____

Diagrama 1 - Abordagem SMartySPeM

The diagram illustrates a process flow for project management. It starts with a start node (black dot) leading to task A4.1 (MDT). From A4.1, the flow goes to A4.3 (MDT), then to A4.4 (OPT), and finally to A4.5 (OPT), which ends at a goal node (green dot). Roles R.1.1 (Cliente), R.1.2 (Responsável pelo projeto), and R.1.3 (Equipe de Trabalho) are associated with tasks A4.1, A4.3, and A4.5 respectively. Work products W1.1 to W1.4 are generated by tasks A4.1, A4.3, A4.4, and A4.5. Variability annotations are provided for tasks A4.4 and A4.5.

Questões sobre a compreensibilidade do digrama: **Hora Início: _____ **

Qual o número máximo de produtos de trabalho que podem ser gerados (*output*) em uma derivação do modelo?

R:

Quantos papéis devem realizar a tarefa *A4.5. Realizar a reunião de encerramento do ciclo do projeto* caso seja selecionada em uma derivação do modelo?

R:

A tarefa *A4.4. Gerar relatório de Medições e Sugestões de Melhoria* deve (obrigatoriamente) ser selecionada em uma derivação do modelo?

R:

****Hora Término: _____ ****

Figura 2.4: Página 1 do Documento de Tarefas A1.

Questões sobre o mecanismos de variabilidade do diagrama:	**Hora Início: _____ **
Inclua a tarefa <i>A4.4. Gerar relatório de Medições e Sugestões de Melhoria</i> em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo acordialmente para que o papel <i>R1.3. Equipe de Trabalho</i> realize a tarefa <i>A4.5. Realizar a reunião de encerramento do ciclo do projeto</i> em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo do processo acordialmente para que o produto de trabalho <i>W1.3. Relatório de medições e sugestões de melhoria</i> seja gerado (<i>output</i>) em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
**Hora Término: _____ **	

Figura 2.5: Página 2 do Documento de Tarefas A1.

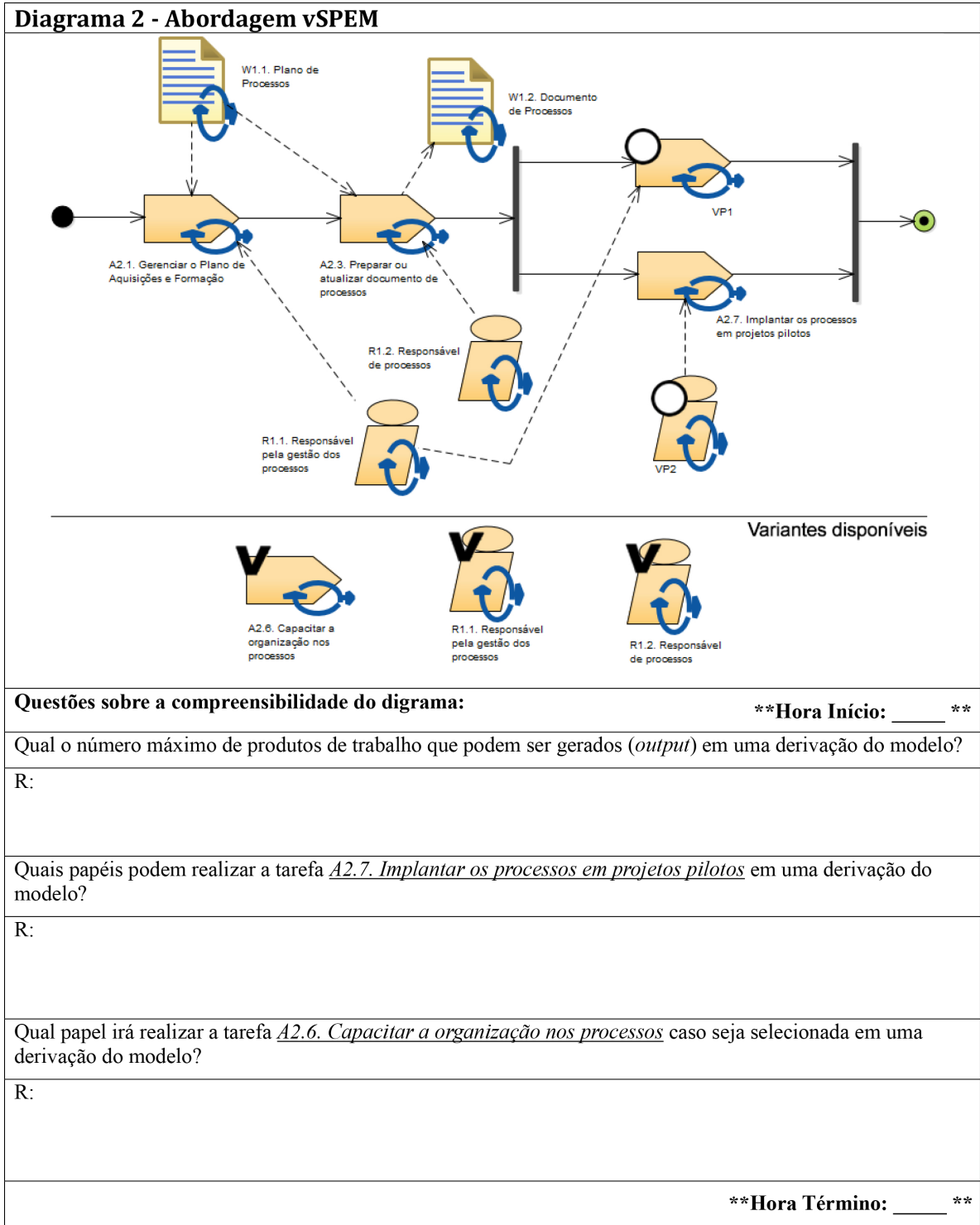


Figura 2.6: Página 3 do Documento de Tarefas A1.

Questões sobre o mecanismos de variabilidade do diagrama:	**Hora Início: _____**
Inclua a tarefa <i>A2.6. Capacitar a organização nos processos</i> em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo acordialmente para que o papel <i>R1.2. Responsável de processos</i> seja incluído em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo acordialmente para que a tarefa <i>A2.7. Implantar os processos em projetos pilotos</i> seja realizada por dois (2) papéis distintos em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
	Hora Término: _____

Figura 2.7: Página 4 do Documento de Tarefas A1.

Questões sobre o mecanismos de variabilidade do diagrama:	**Hora Início: _____**
Inclua o produto de trabalho <i>W1.2. Plano de administração</i> em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo acordialmente para que a tarefa <i>A2.1. Projetar ou atualizar um modelo conceitual</i> tenha apenas um (1) produto de trabalho como entrada (<i>input</i>) em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo acordialmente para que a tarefa <i>A2.3. Integrar e documentar o desenho da base de conhecimento</i> tenha três (3) produtos de trabalho como entrada (<i>input</i>) em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
	Hora Término: _____

Figura 2.9: Página 6 do Documento de Tarefas A1.

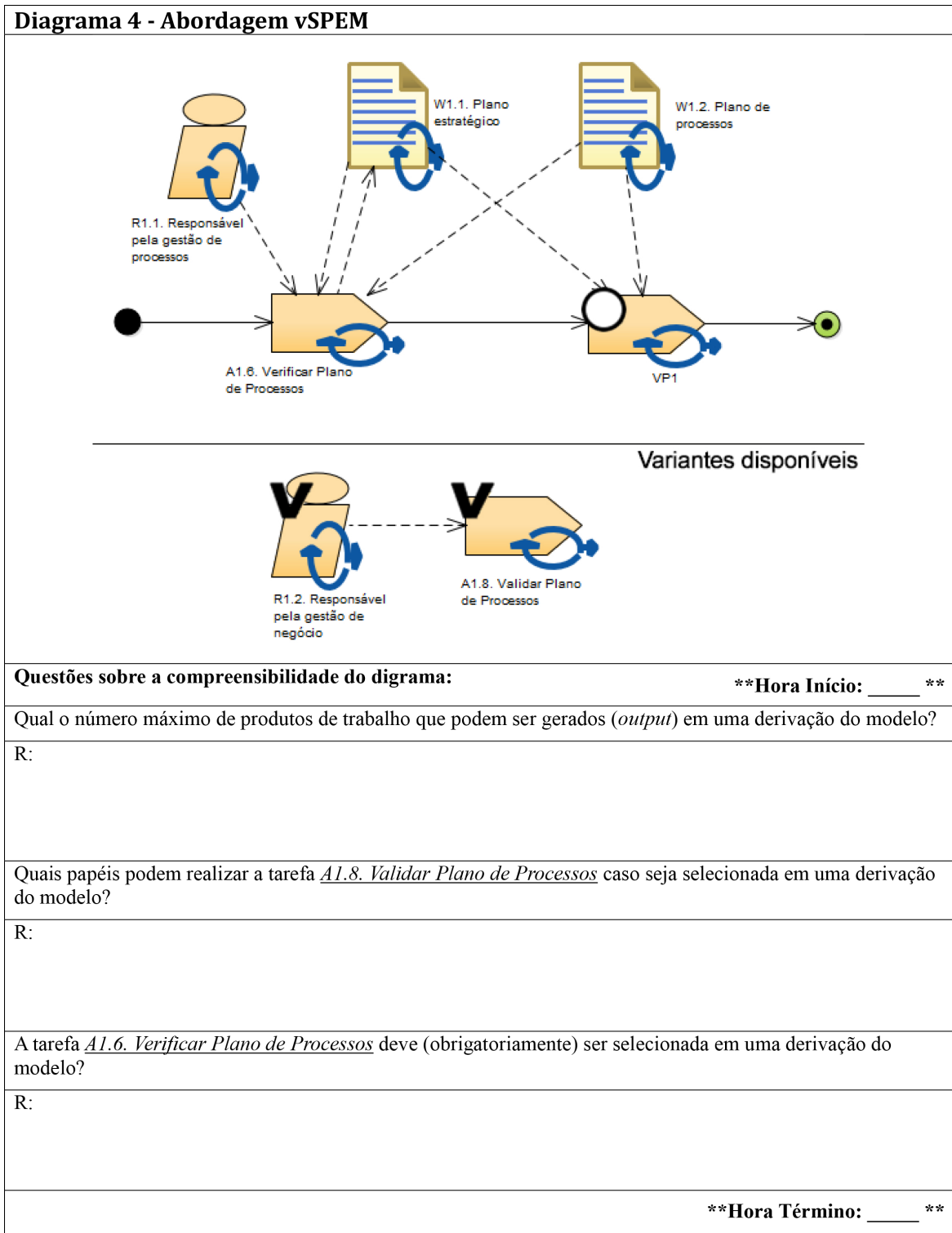


Figura 2.10: Página 7 do Documento de Tarefas A1.

Questões sobre o mecanismos de variabilidade do diagrama:	**Hora Início: _____ **
Inclua a tarefa <i>A1.8. Validar Plano de Processos</i> em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo acórdialmente para que o papel <i>R1.2. Responsável pela gestão de negócio</i> seja selecionado e realize a tarefa <i>A1.8. Validar Plano de Processos</i> em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo acórdialmente para que exista apenas uma (1) tarefa em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
	**Hora Término: _____ **

Figura 2.11: Página 8 do Documento de Tarefas A1.

Exercício A2

ID Participante _____

Diagrama 1 - Abordagem vSPeM

The diagram illustrates a project cycle with the following elements:

- Tasks (A4):**
 - A4.1: Formalizar o término do ciclo do projeto
 - A4.3: Adicionar o conteúdo do projeto
 - A4.4: Gerar relatório de Medições e Sugestões de Melhoria
 - A4.5: Realizar a reunião de encerramento do ciclo do projeto
- Work Products (W1):**
 - W1.1: Documento de aceitação
 - W1.2: Plano do Projeto
 - W1.3: Relatório de medições e sugestões de melhoria
 - W1.4: Lições aprendidas
- Roles (R1):**
 - R1.1: Cliente
 - R1.2: Responsável pelo projeto
 - R1.3: Equipe de Trabalho
- Variantes disponíveis (Available Variants):**
 - Variantes A4.4 and A4.5 are shown with a 'V' icon, indicating they are optional in a derivation.

Questões sobre a compreensibilidade do digrama: **Hora Início: _____ **

Qual o número máximo de produtos de trabalho que podem ser gerados (*output*) em uma derivação do modelo?

R:

Quantos papéis devem realizar a tarefa *A4.5. Realizar a reunião de encerramento do ciclo do projeto* caso seja selecionada em uma derivação do modelo?

R:

A tarefa *A4.4. Gerar relatório de Medições e Sugestões de Melhoria* deve (obrigatoriamente) ser selecionada em uma derivação do modelo?

R:

**Hora Término: _____ **

Figura 2.12: Página 1 do Documento de Tarefas A2.

Questões sobre o mecanismos de variabilidade do diagrama:	**Hora Início: _____**
Inclua a tarefa <i>A4.4. Gerar relatório de Medições e Sugestões de Melhoria</i> em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo acórdialmente para que o papel <i>R1.3. Equipe de Trabalho</i> realize a tarefa <i>A4.5. Realizar a reunião de encerramento do ciclo do projeto</i> em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo do processo acórdialmente para que o produto de trabalho <i>W1.3. Relatório de medições e sugestões de melhoria</i> seja gerado (<i>output</i>) em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
	Hora Término: _____

Figura 2.13: Página 2 do Documento de Tarefas A2.

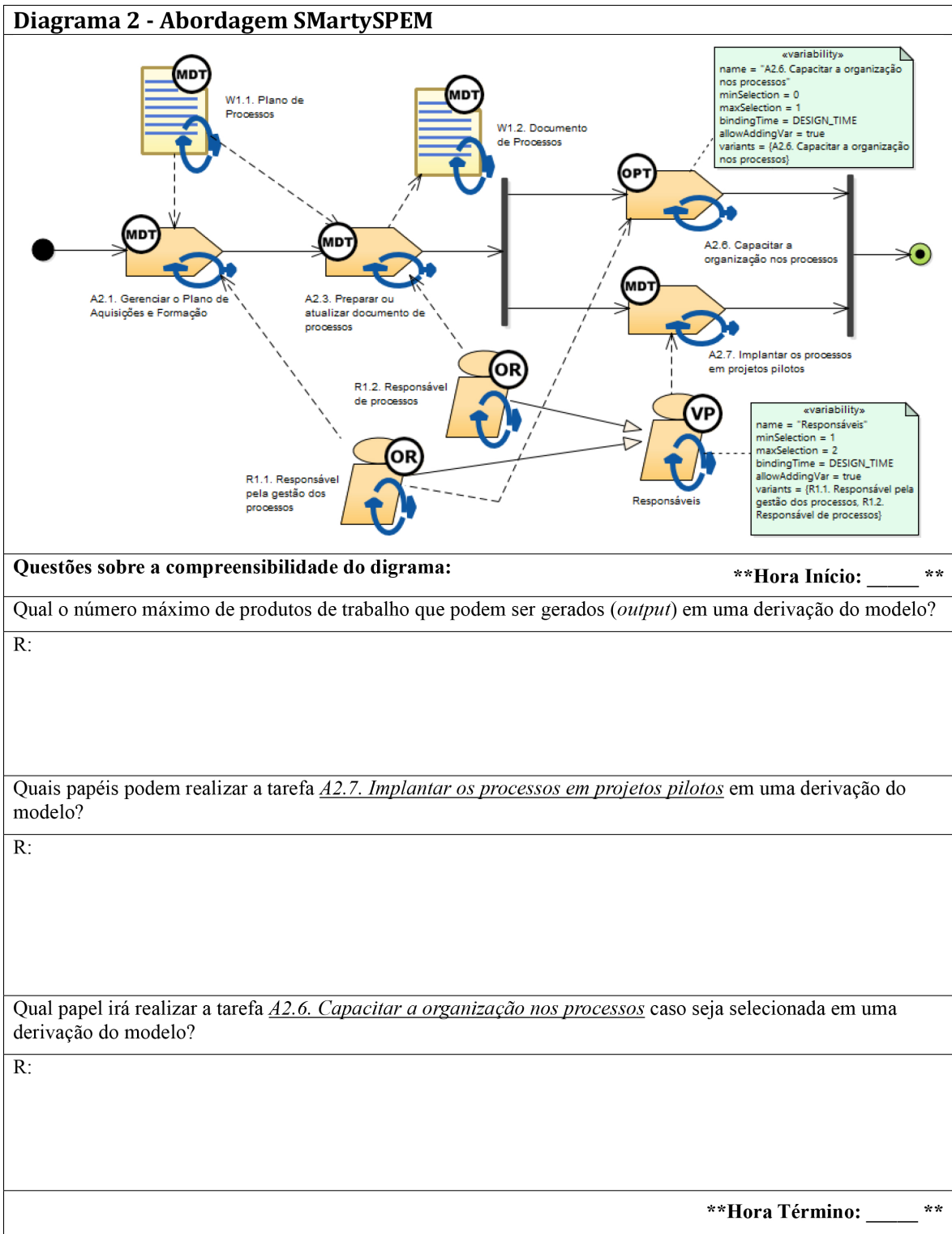


Figura 2.14: Página 3 do Documento de Tarefas A2.

Questões sobre o mecanismos de variabilidade do diagrama:	**Hora Início: _____**
Inclua a tarefa <i>A2.6. Capacitar a organização nos processos</i> em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo acórdialmente para que o papel <i>R1.2. Responsável de processos</i> seja incluído em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo acórdialmente para que a tarefa <i>A2.7. Implantar os processos em projetos pilotos</i> seja realizada por dois (2) papéis distintos em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
	Hora Término: _____

Figura 2.15: Página 4 do Documento de Tarefas A2.

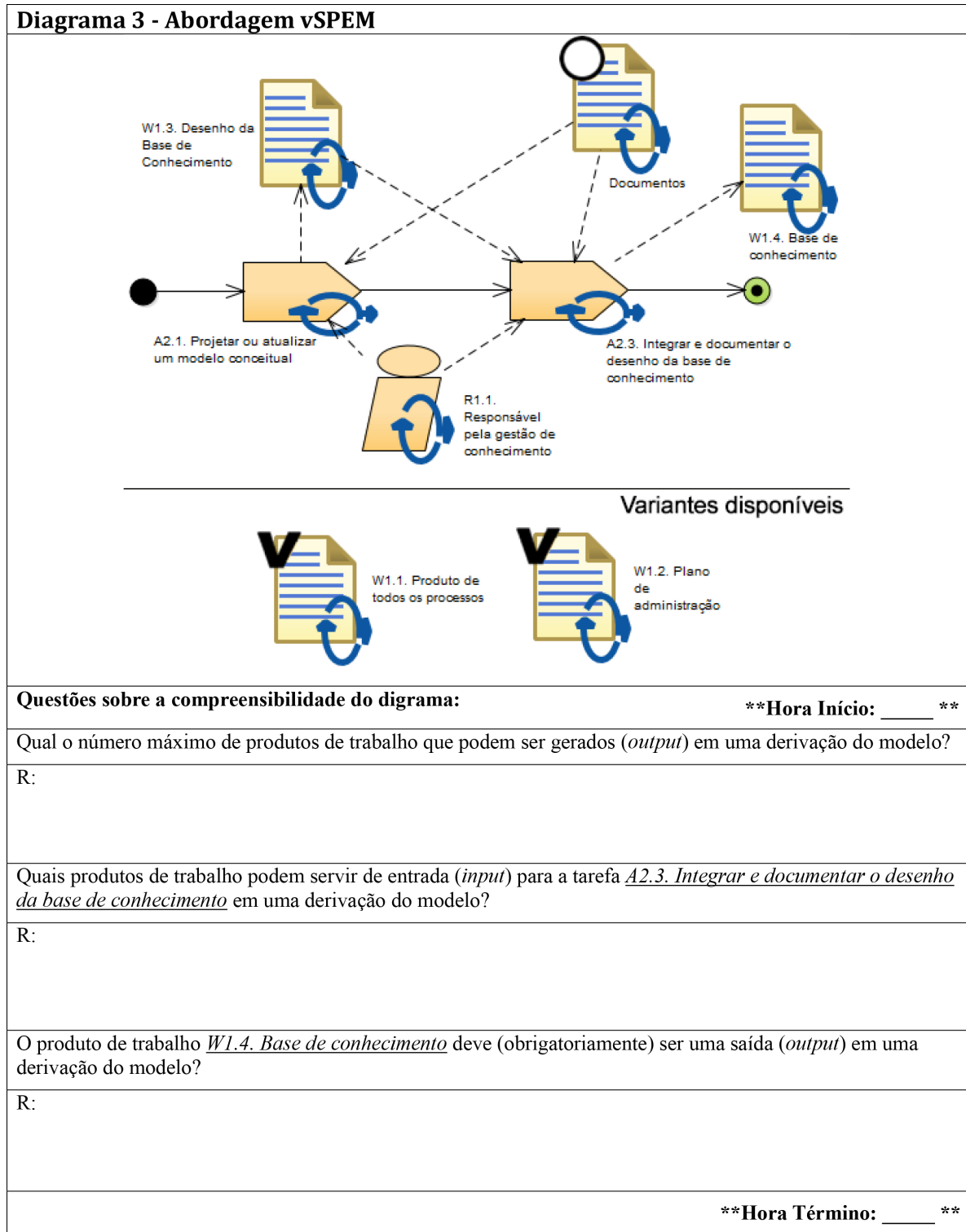


Figura 2.16: Página 5 do Documento de Tarefas A2.

Questões sobre o mecanismos de variabilidade do diagrama:	**Hora Início: _____ **
Inclua o produto de trabalho <i>W1.2. Plano de administração</i> em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo acórdialmente para que a tarefa <i>A2.1. Projetar ou atualizar um modelo conceitual</i> tenha apenas um (1) produto de trabalho como entrada (<i>input</i>) em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo acórdialmente para que a tarefa <i>A2.3. Integrar e documentar o desenho da base de conhecimento</i> tenha três (3) produtos de trabalho como entrada (<i>input</i>) em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
	**Hora Término: _____ **

Figura 2.17: Página 6 do Documento de Tarefas A2.

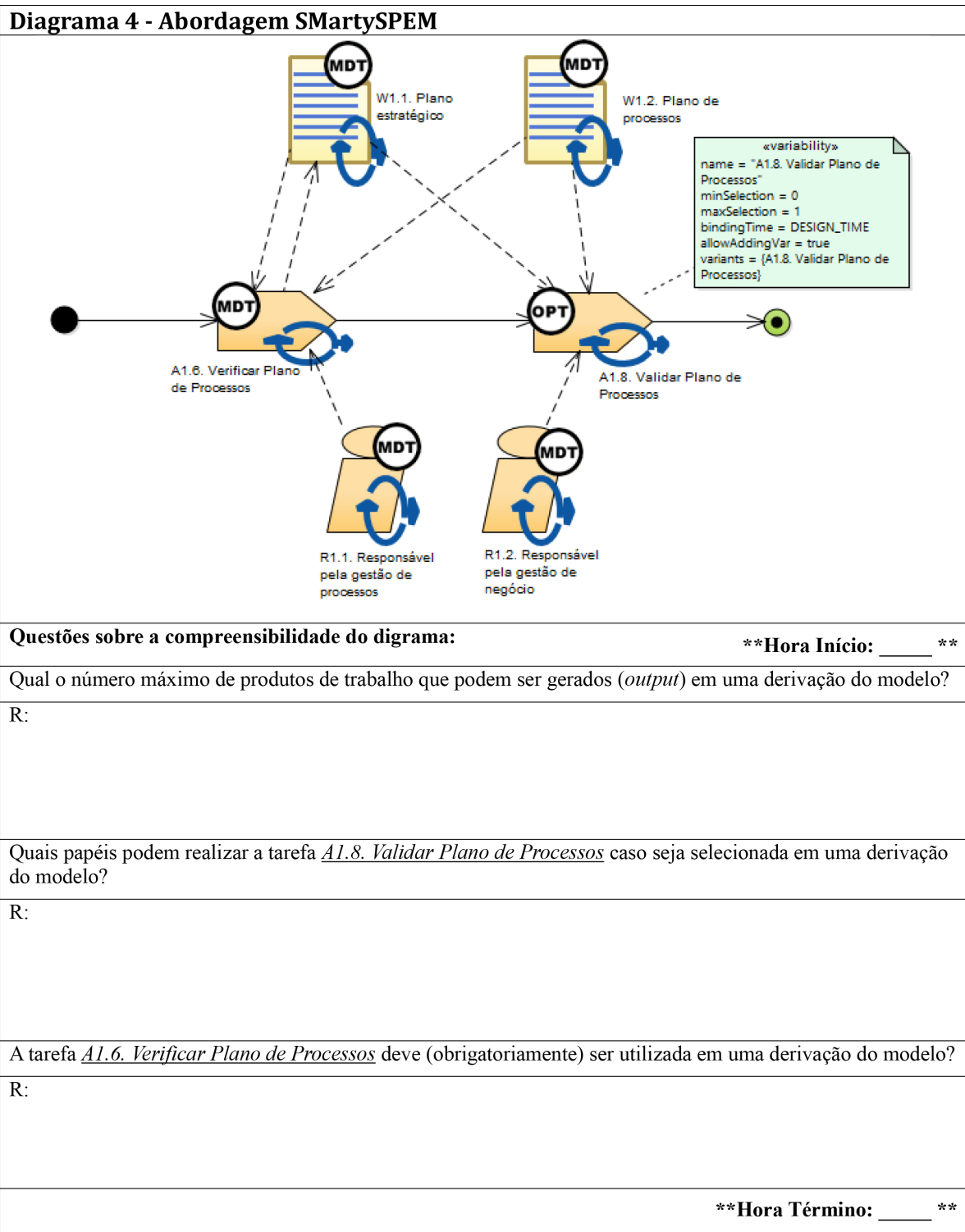


Figura 2.18: Página 7 do Documento de Tarefas A2.

Questões sobre o mecanismos de variabilidade do diagrama:	**Hora Início: _____ **
Inclua a tarefa <i>A1.8. Validar Plano de Processos</i> em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo acordialmente para que o papel <i>RI.2. Responsável pela gestão de negócio</i> seja selecionado e realize a tarefa <i>A1.8. Validar Plano de Processos</i> em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
Altere o modelo acordialmente para que exista apenas uma (1) tarefa em uma derivação do modelo:	
Diagrama gerado:	
	**Hora Término: _____ **

Figura 2.19: Página 8 do Documento de Tarefas A2.

Apêndice C - Respostas dos Especialistas do Estudo Qualitativo

Este apêndice apresenta as respostas dos especialistas que participaram do estudo qualitativo apresentado no Capítulo 4 desta dissertação. As respostas são organizadas primeiramente pela abordagem avaliada, seguido do critério avaliado e por fim as respostas de cada um dos sete especialistas para o critério definido.

C.1 Respostas da Abordagem SMartySPEM

Os especialistas responderam individualmente às seguintes questões referentes a abordagem anotativa *SMartySPEM*:

1. A gerência sistemática de variabilidade analisa os mecanismos oferecidos pela abordagem para especificação de variabilidades, você considera o mecanismo de variabilidade da abordagem com *SMartySPEM* suficiente?
 - (a) **Resposta Especialista No 1:** Sim. Acredito que avasta gama de elementos disponíveis em SMartySPEM para variabilidades fazem com que a abordagem se destaque, proporcionando mais alternativas para gerar diferentes LPrS. É possível tomar diferentes decisões e tornar mais coesa a modelagem, fazendo com que possa gerar diferentes LPrS, com alternativas interessantes. Um destaque importante é os estereótipos que proporcionam dependência entre variantes, isso ajuda muito a proporcionar LPrS sem erros de dependência ou com elementos a menos que o esperado, o que poderia gerar muitos problemas.
 - (b) **Resposta Especialista No 2:** Os mecanismos são suficientes e satisfatórios para especificar quais elementos são obrigatórios, opcionais, inclusivos, exclusivos, bem como suas restrições de associações e dependências primordiais. A partir disso, a SMartySPEM não gera dúvidas aos engenheiros de software,

tanto em uma modelagem inicial de uma LPrS quanto na sua manutenção. Desse modo, tais indícios propiciam a derivação de novas LPrS mais simples e menos suscetíveis a defeitos, considerando que a SMartySPEM fora bem compreendida antes de sua real utilização.

- (c) **Resposta Especialista No 3:** Considero suficientes os mecanismos de variabilidade presentes na abordagem SMartySPEM, pois a abordagem permite a representação de características importantes ao gerenciamento de variabilidades, tais como pontos de variação e variantes. Em acréscimo, é apresentado um nível de detalhamento interessante nos elementos de processo, o que facilita o trabalho do arquiteto da LPrS.
- (d) **Resposta Especialista No 4:** A gerência sistemática de variabilidades da SMartySPEM é muito eficiente, pois envolve um mecanismo de modelagem adequado (SPEM) e uma ferramenta de anotação efetiva (SMarty). Os perfirs UML da SMarty facilitam bastante o entendimento das variabilidades de forma geral.
- (e) **Resposta Especialista No 5:** Sim, acredito que os estereótipos são suficientes, possibilitam desde a identificação das variabilidades até a especificação de restrições.
- (f) **Resposta Especialista No 6:** Os mecanismos existentes refletem precisamente os elementos de uma linha, garantindo satisfatoriamente a representação e especificação das variabilidades.
- (g) **Resposta Especialista No 7:** Não me considero com conhecimento suficiente para responder essa questão. Os mecanismos parecem suficientes para os exemplos apresentados, mas como não sou um especialista na área, não posso afirmar com um grau mínimo de confiança se os mecanismos são ou não suficientes em um contexto mais abrangente.

2. O critério de modularidade mensura a quantidade de módulos (grupos de elementos de processos) necessários para a representação de uma LPrS, é possível mensurar a modularidade na abordagem *SMartySPEM*?

- (a) **Resposta Especialista No 1:** Sim! SMartySPEM proporciona vários elementos de processos para representar uma LPrS, além dos próprios elementos do SPEM, SMartySPEM também auxiliar a modelagem de modelos UML com estereótipos e notas UML que descrevem precisamente as variabilidades existentes.

- (b) **Resposta Especialista No 2:** Sim. A qualidade da modularidade é evidente na modelagem utilizando a SMartySPEM, devido ao fato da aplicação da especificação de estereótipos da abordagem SMarty. Isso permite que seja identificado um grupo de elementos, bem como suas variantes de maneira mais objetiva quando comparada com outras abordagens. Além disso, facilita a derivação de novos produtos e sua manutenção.
- (c) **Resposta Especialista No 3:** Sim, pois a abordagem permite que elementos de processo referentes a uma ou mais atividades possam ser agrupados em módulos.
- (d) **Resposta Especialista No 4:** No meu ponto de vista, a abordagem SMartySPEM não evoluiu significativamente em termos de modularidade se comparada à SPEM. No entanto seus módulos são totalmente adequados a seu contexto de atuação.
- (e) **Resposta Especialista No 5:** Acredito que sim, por meio dos estereótipos e anotações a identificação dos módulos pode ser realizada. No entanto acredito também que a modularidade é bem ligada ao modo com que a especificação da linha é feita, utilizando nomes claros e usando apoio de uma ferramenta de modelagem.
- (f) **Resposta Especialista No 6:** Os elementos presentes no SMartySPEM garantem uma melhor visualização dos módulos que correspondem aos elementos apresentados facilitando plenamente a manutenção e evolução da LPrs. Contudo deve ser analisada o nível de satisfação de tal modularidade para LPrS maiores.
- (g) **Resposta Especialista No 7:** É parcialmente possível. Para processos pequenos, acredito que seja possível mensurar a modularidade. Contudo, a medida que o número de elementos do processo cresce, mensurar a modularidade se torna mais complexo. Acredito que para processos grandes, com vários elementos, mensurar a modularidade não seja possível.
3. O critério de rastreabilidade permite analisar a dificuldade de visualização e mapeamento de todos os elementos do processo junto a suas *features*, é possível visualizar a rastreabilidade na abordagem *SMartySPEM*?
- (a) **Resposta Especialista No 1:** Sim! SMartySPEM permite visualizar a rastreabilidade em diferentes níveis de abstração, por meio de suas notas UML

e estereótipos. As notas auxiliam a enxergar os elementos rastreáveis em um ponto de variação, além de possuir próprios itens para rastrear em níveis de abstração maiores.

- (b) **Resposta Especialista No 2:** Sim. É de simples e fácil compreensão. A maioria dos elementos ficam evidentes com relação as suas características e responsabilidades devido ao bom mapeamento. A nota da UML "comment" (variability) propicia o rastreamento e identificação de cada ponto de variação e quais são suas possíveis variantes para resolução (seleção) e derivação de novas LPrS.
 - (c) **Resposta Especialista No 3:** É possível verificar a rastreabilidade no SMartySPeM, muito por conta do nível de detalhamento adicionado aos elementos do SPeM, como tarefas, papéis e artefatos. Alguns detalhes, como nomes dos papéis facilitam o mapeamento do elemento junto a(s) feature(s) que estão sendo desenvolvida(s)/produzida(s).
 - (d) **Resposta Especialista No 4:** Acredito que a rastreabilidade desta abordagem seja relativamente superficial, já que possui uma visão bastante abstrata e modular de seus itens. Entretanto a utilização da SMarty agrega nesse sentido devido ao detalhamento em relação às variabilidades de cada elemento.
 - (e) **Resposta Especialista No 5:** Sim, acredito que as anotações auxiliam nesse mapeamento por meio da especificação dos elementos variantes pertencentes a um grupo. Mas o excesso de anotações também pode dificultar a visualização e talvez o entendimento do modelo.
 - (f) **Resposta Especialista No 6:** Os elementos gráficos de SMartySPeM facilita a rastreabilidade para cada variabilidade e seus elementos. O comentário que indica a variabilidade, por exemplo, apresenta informações por meio dos meta-atributos significativas para a resolução e rastreabilidade entre os diferentes elementos acerca de uma feature.
 - (g) **Resposta Especialista No 7:** É parcialmente possível. Assim como a modularidade, o número de elementos do processo também influencia aqui. O diagrama se torna confuso a medida que o número de elementos aumenta.
4. O critério de detecção de erros analisa quão eficiente é a abordagem no sentido de identificar erros de coesão na definição da LPrS e seus elementos, bem como dos processos derivados da LPrS, é possível detectar possíveis erros de coesão com a abordagem *SMartySPeM*?

- (a) **Resposta Especialista No 1:** SMartySPEM auxilia a evitar erros de coesão, proporcionando tipos diferentes de resolução de variabilidades, além de torna-los bem explícitos na modelagem. Para cada possível resolução, o SMartySPEM fornece diferentes tipos, o que auxilia a não gerar LPrS com erros.
- (b) **Resposta Especialista No 2:** Sim, se a abordagem for mal aplicada por analistas. Entretanto, de acordo com alguns estudos o uso de estereótipos são importantes e relevantes na modelagem por permitirem detalhar a especificação de elementos e suas restrições. No entanto, isso adiciona um nível de complexidade que pode gerar alguns questionamentos: - Como verifico se os elementos estão ambíguos, mal especificados ou inconsistentes? - De que forma posso testar se a modelagem está correta? - Como inspeciono possíveis defeitos com relação a associações durante a modelagem?
- (c) **Resposta Especialista No 3:** Sim pelo fato de que a rastreabilidade (uma característica que contribui em minha opinião) é facilitada, permitindo o entendimento dos detalhes do processo e conseqüentemente, de possíveis erros que estejam presentes ou que possam acontecer.
- (d) **Resposta Especialista No 4:** A SMartySPEM possui grande capacidade de detecção de erros, visto que o uso dos perfis SMarty detalham muito as características mais críticas nesse sentido, as variabilidades. Isso facilita muito a identificação de erros de coesão na modelagem de LPrS.
- (e) **Resposta Especialista No 5:** Acredito que não, não há suporte da abordagem para isso, ficando a cargo do usuário/analista que estiver modelando. Mas acredito que com suporte ferramental isso pode ser melhorado.
- (f) **Resposta Especialista No 6:** A detecção de erros é facilitada, pelos elementos que compõe SMartySPEM, como o já mencionado comentário com informações adicionais valiosas para a derivação correta dos processos, etc. Contudo, dependendo do nível de complexidade da linha, pode ocasionar um cenário mais propenso a erros. Mecanismos de validação dos modelos podem ser desenvolvidos para auxiliar essa detecção.
- (g) **Resposta Especialista No 7:** Não, é completamente impossível detectar erros de coesão nessa abordagem. O uso de anotações obriga o analista a verificar cada nota. Isso já é complexo considerando um número pequeno de elementos, mas quando o número aumenta, isso se torna impossível. Acredito que alguma linguagem para especificação de invariantes, como OCL ou EVL (Epsilon Validation Language) por exemplo, deveria ser usada no lugar de

anotações. Isso permitiria que a verificação dos erros de coesão fosse automatizada pela ferramenta.

5. O critério granularidade tem como objetivo avaliar o suporte da abordagem na representação de variabilidade em granularidades grossa e fina (nível de abstração), considerando a divisão do processo em pequenas ou grandes partes, é possível avaliar a granularidade na abordagem *SMartySPEM*?

- (a) **Resposta Especialista No 1:** Sim! *SMartySPEM* permite representar variabilidades em diferentes tipos de granularidades, de forma bem prática e visível. O que torna mais coesa a modelagem e permite uma interação mais dinâmica no momento de resolver alguma variabilidade. Por meio dos elementos *requires* das notas UML em um ponto de variação, é possível visualizar níveis de granularidades grossa e fina da modelagem.
- (b) **Resposta Especialista No 2:** A granularidade em uma visão grossa (macro) é ruim, pois dificulta verificar quais elementos devem ou não estar associados. Sugiro que a abordagem seja automatizada por meio do desenvolvimento de uma ferramenta, no intuito de minimizar a dificuldade na leitura e no entendimento. Em diagramas grandes a análise fica complicada. Com relação a granularidade fina (micro), um diagrama de LPrS pequeno pode ser modelado e analisado com qualidade, mas se for um diagrama maior fica um pouco difícil rastrear seus elementos. Além disso, é possível fazer o uso das diretrizes da *SMarty* (*SMartyProcess*) para guiar a especificação em detalhes e apoiar a granularidade fina, pois a *SMartySPEM* têm diversos mecanismos para este fim, como por exemplo, o uso de estereótipos (*SMartyProfile*).
- (c) **Resposta Especialista No 3:** É possível avaliar o nível de granularidade da abordagem *SMartySPEM*, pois o nível de detalhamento dado aos elementos do processo permite que o mesmo seja dividido em partes menores ou maiores, sem perdas na capacidade de entendimento.
- (d) **Resposta Especialista No 4:** Sua granularidade é relativa, acredito que seu nível de detalhamento irá depender muito do contexto e domínio em que a abordagem será utilizada. Seu nível de abstração pode ser considerado de granularidade fina devido ao nível de detalhe imposto pela *SMarty*.
- (e) **Resposta Especialista No 5:** Acredito que sim, com o uso de pontos de variação com notas ameniza esse problema da granularidade, pois eles permitem a identificação de variabilidades, agrupando-as. Assim de uma visão

mais abstrata o ponto de variação permite identificar a variabilidade, e em uma visão menos abstrata é possível analisar o estereótipo de uma determinada variante. Mas o apoio de uma ferramenta de modelagem adequada também auxiliaria nesse processo.

- (f) **Resposta Especialista No 6:** A representação em níveis de abstração maiores e menores são significativos com a abordagem, justamente pelos já mencionados elementos gráficos que os compõem, principalmente em relação aos tipos de restrições aplicados às variantes, para sua seleção.
 - (g) **Resposta Especialista No 7:** Para uma número limitado de elementos, sim. Na minha perspectiva, a granularidade está relacionada com a modularidade.
6. O critério de adoção discute a dificuldade de adoção a uma abordagem, analisando a quantidade de pré-conhecimentos que se deve ter para a aplicação da abordagem, você teve dificuldade para compreender a abordagem *SMartySPEM*?
- (a) **Resposta Especialista No 1:** Não tive dificuldades para compreender a abordagem *SMartySPEM*, porém o usuário deve ter conhecimento prévio de *SPEM + SMarty*. Mas a forma anotativa de *SMartySPEM* é muito simples e prática, o que faz com que o aprendizado seja eficaz.
 - (b) **Resposta Especialista No 2:** Na minha opinião, acredito que a quantidade de conhecimento necessário não é um empecilho para adotar e/ou aplicar a *SMartySPEM*. Tal abordagem é muito simples de compreensão. Contudo, se os estereótipos forem mal compreendidos a modelagem pode ficar prejudicada. Um breve treinamento sobre a *SMartySPEM* e exemplos são necessários para compreender seu conjunto de estereótipos baseados na *SMarty (SMartyProfile)*. A carga cognitiva de esforço para analisar diagramas com a *SMartySPEM* é baixa devido ao fato dos elementos estarem bem especificados por meio dos estereótipos no diagrama de uma *LPrS*. Portanto, acredito que o investimento no estudo de tal abordagem é fundamental e vantajoso no cenário de *LPrS(s)*.
 - (c) **Resposta Especialista No 3:** Não tive dificuldades para compreender a abordagem *SMartySPEM*. Entretanto, acredito que conhecimentos anteriores sobre Processos de Software e Linhas de Produto de Software tenham sido facilitadores. Caso uma pessoa tivesse o primeiro contato com alguns desses conceitos, dificuldades poderiam aparecer.
 - (d) **Resposta Especialista No 4:** Acredito que a dificuldade de adoção da *SMartySPEM* seja considerável, já que envolve conceitos extremamente es-

pecíficos: LPrS, SMarty e SPEM. Para sua aplicação de forma efetiva, o responsável deve dominar tais conceitos, o que pode impactar em sua adoção.

- (e) **Resposta Especialista No 5:** Não, pois tenho pré-conhecimentos básicos em LPrS e em modelagem de processos.
- (f) **Resposta Especialista No 6:** Ainda que possua maiores informações, SMartySPEM aparenta ser uma abordagem fácil de ser adotada e aplicada. Soma-se a estes benefícios, a quantidade de elementos que permite, mais precisamente, a representação das variabilidades e todos seus elementos intrínsecos.
- (g) **Resposta Especialista No 7:** Não, eu não tive dificuldade de compreender a abordagem. A aplicação é simples e direta. O número de elementos necessários para entender a abordagem é pequeno, facilitando o aprendizado.

C.2 Respostas da Abordagem vSPEM

Os especialistas responderam individualmente às seguintes questões referentes a abordagem anotativa *vSPEM*:

1. A gerência sistemática de variabilidade analisa os mecanismos oferecidos pela abordagem para especificação de variabilidades, você considera o mecanismo de variabilidade da abordagem com *vSPEM* suficiente?
 - (a) **Resposta Especialista No 1:** Não! Ao meu ponto de vista, vSPEM pecou muito nessa parte. Existem diferentes tipos de variantes disponíveis ou de necessidade de alternativas para se tomar uma decisão, e vSPEM não torna isso explícito. Somente o conceito de ponto de variação e variantes não dão um caminho firme a ser seguido, não demonstra que o produto a ser gerado possa ser confiável, ainda mais quando se tem mais de um ponto de variação ou mais de uma variante, fica confuso e pode causar muitos erros na derivação de uma LPrS.
 - (b) **Resposta Especialista No 2:** Os mecanismos não são suficientes considerando que não posso especificar quais elementos são obrigatórios, opcionais, inclusivos, exclusivos, bem como suas restrições de associações. A partir disso, a vSPEM gera dúvidas aos engenheiros de software, tanto em uma modelagem inicial de uma LPrS, quanto em sua possível manutenção. Assim, a derivação de novas LPrS ficam comprometidas e propensas a erros básicos que deveriam ser evitados por meio da aplicação da vSPEM.

- (c) **Resposta Especialista No 3:** Não considero suficientes por não detalhar mais alguns elementos importantes como as variantes e que estão relacionados com as variabilidades.
 - (d) **Resposta Especialista No 4:** Acredito que os mecanismos de variabilidade da vSPEM sejam bastantes limitados, já que ela possui apenas a representação de pontos de variação e variantes. Isso pode implicar negativamente durante a resolução das variabilidades, pois elas estarão modeladas sem maiores detalhes negociais.
 - (e) **Resposta Especialista No 5:** Acredito que não, pois poucos recursos são oferecidos. Não há suporte à especificação de restrições, não há agrupamento e não é possível determinar com clareza elementos obrigatórios utilizando a vSPEM.
 - (f) **Resposta Especialista No 6:** Como mencionado nas questões anteriores, a abordagem não fornece subsídios para representar plenamente as variabilidades e seus elementos. Novos conceitos devem ser adicionados para melhorar o seu entendimento quanto a representação dos processos e seus diferentes elementos, em um contexto de linha de software.
 - (g) **Resposta Especialista No 7:** É muito difícil responder essa pergunta sem ter um domínio grande da área. Comparado com a SmartySpem, acho que essa abordagem tem menos mecanismos.
2. O critério de modularidade mensura a quantidade de módulos (grupos de elementos de processos) necessários para a representação de uma LPrS, é possível mensurar a modularidade na abordagem *vSPEM*?
- (a) **Resposta Especialista No 1:** A abordagem vSPEM permite mensurar a quantidade de módulos de forma bem explícita. Os estereótipos aplicados aos ícones dos elementos de processo auxiliam a identificar as suas formas de representação de forma simples e objetiva, além de não tornar poluído o visual da modelagem.
 - (b) **Resposta Especialista No 2:** Sim, mas poderia ser melhorada. Não fica claro quais restrições poderiam estar ou não atribuídas em cada uma das variantes associadas a determinados pontos de variação. Isso é um fator que pode dificultar muito na modelagem e na manutenção de um LPrS de médio e grande porte. A manutenção fica sempre a desejar e com pouco detalhes que poderiam facilitar possíveis melhoras.

- (c) **Resposta Especialista No 3:** Considerando o agrupamento por semelhanças entre os elementos do processo, é possível mensurar a modularidade da abordagem vSPEM. Por exemplo, os papéis de Programador, Responsável do desenvolvimento de software e Equipe de Trabalho podem ser inseridos em um módulo Equipe de Desenvolvimento.
 - (d) **Resposta Especialista No 4:** A abordagem vSPEM apresenta uma evolução significativa em termos de modularidade quando comparada à SPEM. Seus novos elementos fazem com que a representação de LPrS sejam mais intuitivas e eficientes, uma vez que as variantes e pontos de variação estão fortemente presentes.
 - (e) **Resposta Especialista No 5:** Acredito que sim, utilizando-se dos pontos de variação é possível identificar a localização das variabilidades. Em caso de manutenção, basta analisar e modificar o conjunto de variantes relacionadas ao ponto de variação desejado.
 - (f) **Resposta Especialista No 6:** É possível, contudo tal modularidade em relação aos elementos de uma linha, como as variabilidades (pontos de variação, variantes e restrições) não estão facilmente caracterizadas, podendo gerar problemas no momento de identificar como e quais variantes devem ser selecionadas.
 - (g) **Resposta Especialista No 7:** É parcialmente possível. Na minha perspectiva, essa abordagem possui modularidade similar à *SmartySpem*. Dessa forma, a modularidade diminui a medida que o número de variantes aumenta.
3. O critério de rastreabilidade permite analisar a dificuldade de visualização e mapeamento de todos os elementos do processo junto a suas *features*, é possível visualizar a rastreabilidade na abordagem *vSPEM*?
- (a) **Resposta Especialista No 1:** Pelo que eu percebi nos exemplos, na abordagem vSPEM é possível visualizar a rastreabilidade sim, porém em um único nível de abstração, ou em uma única modelagem, no sentido de existirem pontos de variações e variantes. Se existirem mais níveis de abstração, como algum tipo de variabilidade existente em alguma atividade, a partir desta atividade não consigo enxergar uma forma de identificar a variabilidade em níveis maiores de abstração e vice versa. No exemplo do diagrama de atividades, não conseguia enxergar as possíveis variantes que existem internamente nestas, no exemplo em

que demonstra os elementos internos de uma atividade, não consegui identificar qual seria o nível de abstração maior existente.

- (b) **Resposta Especialista No 2:** Sim. No entanto, não é de fácil entendimento. Alguns elementos, em primeiro momento, não ficam necessariamente evidentes com relação as suas características e responsabilidades devido ao mapeamento pobre de como devem se associar com o objetivo de derivar corretamente possíveis fragmentos de uma LPrS.
 - (c) **Resposta Especialista No 3:** Sim é possível visualizar a rastreabilidade na abordagem vSPEM. Entretanto, algumas configurações de processo podem dificultar o entendimento dessa rastreabilidade. Por exemplo, uma configuração que não considere Gerenciar Matriz de Rastreabilidade pode dificultar o entendimento do processo no que se refere aos componentes de software que são ou serão produzidos.
 - (d) **Resposta Especialista No 4:** Com relação ao critério de rastreabilidade, acredito que a vSPEM possui um mapeamento bastante superficial, já que a relação entre seus elementos se dá somente através de conexões simples. Talvez seja interessante apresentar ferramentas que utilizem essa abordagem em um contexto maior, para que seja possível avaliar a rastreabilidade não só de elementos, mas de diagramas completos.
 - (e) **Resposta Especialista No 5:** Acredito que sim, mas é necessário que o utilizador da abordagem vSPEM utilize junto às variantes nomes bem definidos para permitir a rastreabilidade. Caso contrário isso é dificultado.
 - (f) **Resposta Especialista No 6:** Se a LPrS for complexa, conseqüentemente a rastreabilidade será mais difícil de ser visualizada. É possível notar quais elementos estão relacionados as features, principalmente pelos elementos gráficos e suas categorias (pontos de variação e variantes), porém, como mencionado no item anterior, a resolução destes carecem de melhores representações.
 - (g) **Resposta Especialista No 7:** Sim, é possível, mas é confuso.
4. O critério de detecção de erros analisa quão eficiente é a abordagem no sentido de identificar erros de coesão na definição da LPrS e seus elementos, bem como dos processos derivados da LPrS, é possível detectar possíveis erros de coesão com a abordagem *vSPEM*?
- (a) **Resposta Especialista No 1:** A abordagem vSPEM é muito simples e fácil de utilizar, porém percebi que ela pode proporcionar muitos erros, ainda mais

se tratando de que não dispõe de elementos suficientes para fazer uma modelagem com diferentes tipos de variantes (alternativas inclusivas, exclusivas, mutualmente exclusivas, etc). Também pelo fato de que possa existir mais de um ponto de variação, assim, os elementos associados podem causar muita confusão, visto que não existe uma separação dos elementos, o que pode gerar erros na hora de selecionar uma variante ou ponto de variação. Assim, acredito que há muitas chances de derivar LPrS com defeitos ou possíveis erros.

- (b) **Resposta Especialista No 2:** Os erros de coesão são passíveis desta abordagem visto que atingem todos os elementos (papeis, tarefas, produtos de trabalho, etc). Existem algumas preocupações: - Uma atividade Componente pode A5.3. Realizar testes unitários? - Como posso verificar se determinado elemento é obrigatório ou opcional na LPrS? - Todas as variantes são inclusivas ou exclusivas? - De que maneira posso especificar uma tarefa para o programador? Apenas com uma associação de dependência? - Como verifico elementos ambíguos, mal especificados ou inconsistentes?
- (c) **Resposta Especialista No 3:** Analiso que a detecção de erros pode ser facilitada com a rastreabilidade da LPrS. Logo, dependendo da configuração, vejo possível a detecção de erros facilitada utilizando a abordagem vSPEM. Em alguns casos, não vejo a atividade de detecção de erros como uma atividade fácil.
- (d) **Resposta Especialista No 4:** Na minha opinião é relativamente fácil encontrar erros na abordagem vSPEM devido a simplicidade de sua representação visual. No entanto, a detecção de erros mais complexos como regras de negócio relacionadas à variantes seria bem menos trivial.
- (e) **Resposta Especialista No 5:** Acredito que sim, mas a abordagem fornece pouquíssimo apoio. Ela é, então, pouco eficiente, pois não há mecanismos específicos da vSPEM para identificar erros de coesão (assumo que sejam erros em definição da LPrS em termos de responsabilidade única do elemento). Acredito que eventualmente o apoio por parte da ferramenta de modelagem é mais eficiente do que a própria vSPEM.
- (f) **Resposta Especialista No 6:** Com base na limitação da representação, principalmente do que tange as restrições entre as variantes, para resolver um ponto de variação, a detecção de erros é prejudicada. Torna-se trabalhoso o processo de identificação de erros de coesão nos elementos apresentados. Perguntas como: seriam todos opcionais? Alternativos exclusivos, etc? Surgem, e

as respostas propiciam erros. Documentos de inspeção ou diretrizes deveriam guiar nessa detecção, visto que o modelo em si não permite visualizar todas as informações de uma LPrS.

(g) **Resposta Especialista No 7:** Não, decididamente não é possível.

5. O critério granularidade tem como objetivo avaliar o suporte da abordagem na representação de variabilidade em granularidades grossa e fina (nível de abstração), considerando a divisão do processo em pequenas ou grandes partes, é possível avaliar a granularidade na abordagem *vSPEM*?

(a) **Resposta Especialista No 1:** Não é possível identificar níveis de granularidade na abordagem *vSPEM*. E isso é uma das coisas que senti falta, pois torna difícil compreender a rastreabilidade entre os elementos de diferentes níveis de abstração. Acredito que nesse quesito, a simplicidade da abordagem acaba perdendo um pouco de qualidade nos processos gerados.

(b) **Resposta Especialista No 2:** A granularidade em uma visão grossa (macro) é ruim, pois dificulta verificar quais elementos devem ou não estar associados. Ex: Pontos de Variação e Variantes. A *vSPEM* dificulta na leitura e no entendimento, sendo que a abordagem possui poucos mecanismos para visualizar esse teor. Com relação a granularidade fina (micro), um diagrama de LPrS pequeno pode ser analisado e modelado sem maiores problemas, mas se for um diagrama maior fica difícil percorrê-lo e entendê-lo. Além disso, não é possível fazer uma especificação rica em detalhes para apoiar a granularidade fina, pois a *vSPEM* não possui muitos mecanismos para este fim.

(c) **Resposta Especialista No 3:** Considerando a representação de variabilidades, não acredito que seja possível avaliar a granularidade na abordagem *vSPEM*, pois conceitos como variabilidade, ponto de variação e variantes são apresentados considerando um nível de abstração apenas. Se as variantes por exemplo, apresentassem especificações mais detalhadas de suas características, existiria a possibilidade de avaliar a granularidade das mesmas.

(d) **Resposta Especialista No 4:** Acredito que a granularidade da abordagem seja adequada, acredito que seu nível de abstração irá depender muito do contexto em que ela será utilizada. Mas de forma geral é fina, pois o comportamento e papel de cada elemento é bem específico e visualmente detalhado.

- (e) **Resposta Especialista No 5:** Acredito que não, isso fica muito mais a cargo da (eventual) ferramenta de modelagem. A abordagem vSPeM é fraca nesse sentido, não oferece ou oferece poucos recursos para avaliar granularidade.
 - (f) **Resposta Especialista No 6:** A granularidade nos diferentes níveis de abstração são dificultados pela inexpressiva quantidade de informações apresentadas nos modelos.
 - (g) **Resposta Especialista No 7:** É parcialmente possível. Mas, assim como a modularidade, a capacidade de avaliar a granularidade diminui a medida que o número de variantes aumenta.
6. O critério de adoção discute a dificuldade de adoção a uma abordagem, analisando a quantidade de pré-conhecimentos que se deve ter para a aplicação da abordagem, você teve dificuldade para compreender a abordagem *vSPeM*?
- (a) **Resposta Especialista No 1:** A abordagem vSPeM é muito fácil de ser compreendida pelo fato de ter muitos poucos elementos que representam variabilidades. O conhecimento prévio necessário seria somente o SPeM, porém o vSPeM reutiliza seus conceitos aplicando anotações visíveis de forma simples.
 - (b) **Resposta Especialista No 2:** "No meu ponto de vista, acredito que a quantidade de conhecimento necessário não é um empecilho para utilizar a vSPeM. Tal abordagem é muito simples de compreensão, seja por programadores, analistas ou engenheiros de software. Contudo, muita simplicidade torna-a muito fraca em diversos aspectos, como por exemplo, na modelagem de um diagrama de LPrS muito grande. A carga cognitiva de esforço para analisar diagramas com a vSPeM é muito alta por não conter muitos detalhes de cada elemento especificado no diagrama de uma LPrS. Isso causa certo desgaste, gerando dúvidas de como especificar cada elemento em várias situações (ex: quais são obrigatórios ou opcionais?). Portanto, ao contrário do que deveria ser, um bom tempo é desperdiçado e não investido na modelagem utilizando a vSPeM."
 - (c) **Resposta Especialista No 3:** Não tive dificuldades para entender a abordagem vSPeM. Apesar disso, acredito que pessoas não familiarizadas com conceitos similares como Linhas de Produto de Software teriam um certo nível de dificuldade. O conhecimento ou entendimento sobre processos de

software também é um fator que pode influenciar na dificuldade de adoção da abordagem.

- (d) **Resposta Especialista No 4:** No meu ponto de vista, em termos de adoção, essa abordagem é relativamente fácil de implantar, pois é visualmente simples e direta. Entretanto os conceitos de LPrS podem ser uma barreira para sua adoção.
- (e) **Resposta Especialista No 5:** Não, pois tenho pré-conhecimentos em linha de produto e linha de processo de software, e também conhecimentos básicos em modelagem de processos.
- (f) **Resposta Especialista No 6:** A adoção é facilitada, porém as lacunas existentes levam a uma limitação no uso da abordagem como um todo.
- (g) **Resposta Especialista No 7:** Não.