

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS**

ARTHUR MARIA DO VALLE NETO

***PROCESS MINING EXTENSION TO SCAMPI -*
UM MÉTODO PARA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE MINERAÇÃO DE
PROCESSOS EM AVALIAÇÕES DE PROCESSO DE SOFTWARE**

CURITIBA

2015

ARTHUR MARIA DO VALLE NETO

PROCESS MINING EXTENSION TO SCAMPI -
UM MÉTODO PARA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE MINERAÇÃO DE
PROCESSOS EM AVALIAÇÕES DE PROCESSO DE SOFTWARE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Área de concentração: Modelagem, Controle e Automação de Processos, da Escola Politécnica, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em engenharia.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Alves Portela Santos;
Co-Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures.

CURITIBA

2015

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central

V181p
2015

Valle Neto, Arthur Maria do
Process mining extension to scampi : um método para aplicação de técnicas de mineração de processos em avaliações de processo de software / Arthur Maria do Valle Neto ; orientador, Eduardo Alves Portela Santos ; co-orientador, Eduardo de Freitas Rocha Loures. – 2015.
241, [46] p. : il. ; 30 cm

Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2015
Bibliografia: f. 202-210

1. Engenharia de produção. 2. Mineração de dados (Computação).
3. Software. I. Santos, Eduardo Alves Portela. II. Loures, Eduardo de Freitas Rocha. III. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. IV. Título.

CDD 20. ed. – 670

ARTHUR MARIA DO VALLE NETO

PROCESS MINING EXTENSION TO SCAMPI -
UM MÉTODO PARA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE MINERAÇÃO DE
PROCESSOS EM AVALIAÇÕES DE PROCESSO DE SOFTWARE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Área de concentração: Modelagem, Controle e Automação de Processos, da Escola Politécnica, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em engenharia.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo Alves Portela Santos (Orientador – PUCPR)

Prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures (Membro Interno – PUCPR)

Prof. Dr. Fernando Deschamps (Membro Interno – PUCPR)

Prof. Dr. Clenio Figueiredo Salviano (Membro Externo – CTI-RA/Campinas)

Prof. Dr. Ângelo Marcio Oliveira Sant'Anna (Membro Externo – UFBA)

DEDICATÓRIA

A todos aqueles que acreditam que podem superar (ainda mais) seus limites.

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Eduardo Alves Portela, pela orientação desta tese, pela disponibilização de todas as condições necessárias e principalmente pelos direcionamentos precisos nos diversos pontos de dúvidas.

Ao amigo e co-orientador Prof. Dr. Eduardo Rocha Loures, pela co-orientação desta tese, e pelas valiosas contribuições ao longo do trabalho.

A todos da ISD Brasil, Wipro Technologies e PUCPR que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento desta tese, sobretudo ao amigo José Marcelo Cestari pelos infindáveis incentivos nos momentos mais difíceis.

Ao meus pais Moacir Fernando (*in memoriam*) e Norma Maria do Valle, que me proporcionaram toda a educação necessária para que eu buscasse tão avançado estágio.

Aos meus irmãos e amigos pelo apoio e compreensão dos meus momentos ausentes.

Em especial à minha amada esposa Bianca e nossas filhas Isabella, Larissa e Nicole pela irrestrita dedicação, paciência e torcida.

"I used to have time...now I have twins!"

RESUMO

Avaliações de processos são realizadas para se identificar a maturidade corrente das organizações em relação às boas práticas de desenvolvimento de produtos ou gestão de serviços. A partir de amostras da execução dos processos, pontos fortes, pontos fracos e oportunidades de melhoria são identificados. Embora bastante reconhecidos, os métodos de avaliação de processos existentes apresentam limitações, tais como: dependência nas competências de avaliadores; grande quantidade de esforço e recursos demandados; subjetividade para analisar dados e para julgar a respeito da implementação das práticas e baixa confiança em relação à amostragem e sua representatividade. Atualmente, informações detalhadas sobre a execução dos processos são gravadas na forma de logs de eventos, logs de transação, bases de dados, etc. Portanto, não é mais aceitável, por exemplo em uma avaliação, verificar-se apenas um pequeno conjunto de amostras de instâncias de processos, como ocorre atualmente. Ao invés disso, todos os eventos em um processo de software podem ser considerados em uma avaliação, utilizando-se de Mineração de Processos. Entretanto, não há orientação clara sobre como aplicar técnicas de mineração de processos em avaliações de processos de software. O objetivo desta pesquisa é desenvolver e aplicar um método que apresente quais, como, onde, quando e porque aplicar técnicas de mineração de processos em avaliações SCAMPI. Visa também estabelecer técnicas de mineração de processos como uma abordagem adicional às técnicas de coleta e análise de dados já presentes no método SCAMPI, quais sejam, questionários, revisão de documentos, entrevistas e demonstrações. Para tal, identificaram-se nove passos metodológicos, entre os quais, revisão de literatura, estudo de casos e revisão pelos especialistas. Como resultado, o método “Process Mining Extension to SCAMPI” foi concebido, desenvolvido, aplicado em dois casos e submetido à revisão por especialistas, os quais julgaram-o como um método viável, utilizável, e útil e que reduz as limitações atuais do método SCAMPI tradicional.

Palavras-chave: Mineração de processos. Avaliação de processos de software. SCAMPI. Coleta e análise de dados.

ABSTRACT

Process assessments are conducted to identify the current maturity of organizations in relation to product development and service management best practices. Using samples of performed processes instances, strengths, weaknesses and improvement opportunities are identified. Although well-recognized, existing process assessment methods, have limitations such as: dependence on the competencies of appraisers; high amount of effort and resources required; subjectivity to analyze data and to judge on the implementation of practices and low confidence in sampling and its representativeness. Currently, detailed information on the implementation of processes are recorded as event logs, transaction logs, databases, etc. Therefore, it is no longer acceptable, for example in a appraisal, to examine only a small set of samples of process instances, as actually occurs. Instead, all events in a software process can be considered in an appraisal, using Process Mining. However, there is no clear guidance on how to apply process mining techniques in software processes assessments. The objective of this research is to develop and apply a method that present what, how, where, when and why to apply process mining techniques in SCAMPI appraisal. Also aims to establish processes mining techniques as an additional approach to the data collection and analysis techniques already existing on SCAMPI method: questionnaires, document review, interviews and walkthroughs. For this, nine methodological steps were identified, include systematic literature review, case study and experts review. As a result, the method "Process Mining Extension to SCAMPI" was designed, developed, applied in two cases and submitted for review by experts who judged it as a viable, usable, and useful method, and that reduces the current limitations of traditional SCAMPI method.

Keywords: Process mining. Software process assessment. SCAMPI. Data collection and analysis.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPMN	- Business Process Model Notation
CAPES	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CMM	- Capability Maturity Model
CMMI	- Capability Maturity Model Integration
CMMI-ACQ	- Capability Maturity Model Integration for Acquisition
CMMI-DEV	- Capability Maturity Model Integration for Development
CMMI-SVC	- Capability Maturity Model Integration for Services
DoD	- Department of Defense
eSCM	- eSourcing Capability Model
eSCM-CL	- eSourcing Capability Model for Clients
eSCM-SP	- eSourcing Capability Model for Service Providers
GG	- Generic goal
GP	- Generic practice
ICAM	- Integrated Computer Aided Manufacturing
IDEF0	- Icam DEFinition for Function Modeling
IEC	- International Electrotechnical Commission
ISO	- International Organization for Standardization
ISO/IEC 15504	- ISO standard number 15504
ITSqc	- Information Technology Service Qualification Center
PA	- Process area
SCAMPI	- Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement
SCAMPI MDD	- SCAMPI Method Definition Document
SD	- Service Delivery
SEI	- Software Engineering Institute
SG	- Specific goal
SP	- Specific practice
SPICE	- Software Process Improvement and Capability dEtermination
SSD	- Service System Development
SW-CMM	- Capability Maturity Model for Software

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO.....	13
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	16
1.3 PERGUNTA DE PESQUISA.....	16
1.4 OBJETIVOS.....	17
2. DELINEAMENTO DA PESQUISA	19
2.1 PASSOS METODOLÓGICOS.....	20
2.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA DE PESQUISA.....	40
2.3 ESTRUTURAÇÃO DO DOCUMENTO.....	41
3. REVISAO DE LITERATURA	44
3.1 PROCESSOS DE SOFTWARE.....	46
3.2 MINERAÇÃO DE PROCESSOS.....	60
3.3 INTEGRAÇÃO “AVALIAÇÃO DE PROCESSOS DE SOFTWARE E MINERAÇÃO DE PROCESSOS”	74
4. DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO	81
4.1 ELABORAÇÃO DO “PROCESS MINING EXTENSION TO SCAMPI”	81
4.2 CONDUÇÃO DO RUNNING EXAMPLE.....	114
5. APLICAÇÃO DO MÉTODO	126
5.1 ESTUDO DE CASOS.....	126
5.2 REVISÃO PELOS ESPECIALISTAS.....	172
6. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	184
6.1 PASSO METODOLÓGICO 8.....	184
6.2 AVALIAÇÃO DOS OBJETIVOS DE PESQUISA.....	189
6.3 LIMITAÇÕES.....	191
7. CONCLUSÃO	197
7.1 CONTRIBUIÇÕES.....	197
7.2 TRABALHOS FUTUROS.....	199
7.3 CONCLUSÃO.....	200
REFERÊNCIAS	202
APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO: LIMITAÇÕES DO MÉTODO SCAMPI	211
APÊNDICE B - REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA	220

APÊNDICE C – MULTIPLE CASES STUDY REPORT.....	224
APÊNDICE D – SURVEY DESIGN.....	230
APÊNDICE E – SURVEY RESULTS REPORT.....	237
APÊNCIDE F - PROCESS MINING EXTENSION TO SCAMPI.....	241

1. INTRODUÇÃO

O processo de desenvolvimento de software é amplamente reconhecido como um fator-chave que contribui para a qualidade de um (produto de) software. Para sistematizar um processo de desenvolvimento de software, normas e modelos de referência são considerados. De acordo com Gerke, Cardoso e Claus (2009), eles fornecem um conjunto de melhores práticas universalmente aceitas visando criar processos eficientes a serem implantados nas organizações. Segundo Van der Aalst et al. (2011), tais normas e modelos impõem aos processos, algumas regras a serem executadas dentro de certos limites. Defendem que tais regras podem derivar da legislação e órgãos regulamentadores, normas e também de contratos de parceiros de negócios e acionistas (VAN DER AALST et al., 2011).

A adoção de modelos de referência em processos de software é motivado pelo fato de que eles são desenvolvidos durante um longo período e, geralmente, capturam a visão de especialistas. Além disso, eles facilitam a conformidade com os regulamentos e exigências da indústria e, assim, mitigam riscos, como apontado por Van der Aalst et al. (2006). No entanto, processos de software muitas vezes não são explicitamente modelados, e quando existentes, manuais de apoio ao trabalho de desenvolvimento contém diretrizes e procedimentos abstratos. As diferenças entre o processo realmente executado e o processo documentado já foram reconhecidos pela comunidade de pesquisa (SAMALIKOVA, 2012). Neste contexto, um desafio é determinar o quanto um processo de software, conforme praticado, está em conformidade com um modelo de referência. Uma maneira de realizar essa análise de conformidade é através de avaliações de processo de software. Rout et al. (2007) definem avaliação de processo como o exame disciplinado do processo utilizado por uma organização, em relação à um conjunto de critérios para determinar a capacidade desses processos de executar dentro dos objetivos de qualidade, custo e prazo. Um dos métodos de avaliação de processo de software mais conhecido é o Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI) (CMMI INSTITUTE, 2014). É usado para identificar pontos fortes, pontos fracos e classificações relativos aos modelos de referência Capability Maturity Model Integration (CMMI) (CHRISSIS; KONRAD; SHRUM, 2011).

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Segundo Chen, Hoi e Xiao (2011), as avaliações de processo apresentam limitações, tais como:

- a) as avaliações são manuais, o que geralmente torna o processo bastante demorado e ineficiente, ainda que seja considerada uma amostra reduzida de evidências, a qual por sua vez, acarreta em imprecisões e equívocos;
- b) restrição de autoridade. Muitas vezes os avaliadores externos não são autorizados a acessarem diretamente os dados devido à preocupações com a privacidade e segurança das informações;
- c) avaliações são frequentemente subjetivas, decorrente do aspecto humano da avaliação, o que causa viés de resultados;
- d) as avaliações geralmente exigem avaliadores experientes, para entender processos de software específicos e para elaborar questões pertinentes para as entrevistas, por exemplo.

Estes pontos são corroborados em um questionário (ver apêndice A), elaborado por este pesquisador, a qual apontou as seguintes limitações como sendo as principais limitações do método SCAMPI atual: a) dependência nas competências dos avaliadores; b) grande quantidade de esforço e recursos demandados, resultando em avaliações de baixa relação custo-benefício c) subjetividade para analisar dados e para julgar a respeito da implementação das práticas e d) baixa confiança em relação à seleção da amostra e sua representatividade.

Adicionalmente, Margarido et al. (2013) defendem que as avaliações SCAMPI devem ser efetivas em termos de tempo e custo, mas que algumas das suas características podem ser vistas como limitações: *“por exemplo, a equipe de avaliação analisa a implementação das práticas e como as pessoas realmente trabalham, mas a qualidade dos seus resultados está fora do foco do SCAMPI. Com essa orientação, uma má conduta por parte dos executores dos processos, pode não ser identificada pela equipe de avaliação. Confia-se na honestidade da organização, a qual fornece evidências e apóia a escolha de projetos (i.e. amostra) para a avaliação”*. Ainda segundo Margarido et al. (2013), ou o avaliador líder é muito rigoroso na seleção de projetos e é crítico sobre as evidências, ou o viés da organização pode afetar o resultado da avaliação.

Um aspecto que todas as avaliações de processo têm em comum é que geralmente elas são muito trabalhosas e caras¹. Uma avaliação de processo envolve a coleta, organização e avaliação de artefatos que fundamentaram a implementação de componentes (ex: práticas) de um modelo de referência. Geralmente a coleta de dados é o maior impactante no custo total e no cronograma para a realização de avaliações de processo (CMMI INSTITUTE, 2014). Estudos como o de Rout (2010) ressaltam que a atividade mais onerosa durante uma avaliação de processos é a coleta de evidências, representando 47% do esforço total. Além disso, este fato se agrava uma vez que nas avaliações de processo normalmente é verificada apenas uma pequena amostra (normalmente inferior à 25% do total de instâncias de processos) da execução dos processos, ou seja, este percentual do esforço total seria ainda maior se amostras maiores forem consideradas, pois implicaria na necessidade de dedicar (ainda) mais esforço para se coletar as evidências adicionais.

Para se coletar as evidências necessárias para uma avaliação de processos, muitas organizações investem uma quantidade significativa de tempo, esforço e recursos. Algumas organizações gastam mais recursos na coleta dos dados do que no apoio à todas as outras atividades da avaliação (CMMI INSTITUTE, 2014). Diante disso, normalmente o resultado geral são despesas significativas em termos de tempo, esforço e recursos financeiros para apoiar as atividades de coleta de dados para uma avaliação. Salienta-se que os altos custos das avaliações podem ser um componente significativo nos resultados obtidos com a condução de um programa de melhoria de processos e com a realização de avaliações (CMMI INSTITUTE, 2014).

Além do aspecto custo, há um outro fator: considerando os métodos de avaliação existentes, nas atividades de coleta de dados de uma avaliação, são empregadas as seguintes técnicas para levantamento de informações a respeito dos processos sendo executados em uma organização: questionários, revisão de documentos, entrevistas e demonstrações. Entretanto, não são empregadas técnicas de coleta e análise de informações mais aderentes às potencialidades recentes em Tecnologia da Informação e suas ferramentas, como *Business Activity Monitoring* (BAM), *Complex Event Process* (CEP) e outras que conduzem ao

¹ Uma base de dados com mais de 175 avaliações SCAMPI B e A apresentou uma média de 400 horas de esforço presencial, distribuídos em 6 dias, e com uma equipe média de 7 pessoas.

domínio da mineração de dados, texto e processos. A ideia da mineração de processo é descobrir, verificar e melhorar processos reais mediante a extração de conhecimento a partir de registros de eventos que estão prontamente disponíveis nos sistemas de informação atuais (VAN DER AALST et al., 2010). A mineração de processo pode responder perguntas tais como "com o que o processo se parece?" ou "em quanto o processo real se desvia do processo oficial?". Samalikova (2012) aponta que durante uma avaliação de processo, questões similares à essas são feitas e precisam ser respondidas, e, portanto, a mineração de processos pode ser reconhecida como um meio valioso para coletar as evidências objetivas necessárias.

Van der Aalst (2012) argumenta que a mineração de processos possui características que a diferencia de outras abordagens de análise, quais sejam: a) é centrada em processos (i.e. e não é centrada em dados); b) é verdadeiramente inteligente (i.e. o conhecimento é obtido a partir de dados históricos) e c) é baseada em fatos (i.e. baseada em informações obtidas a partir do conhecimento registrado em *log* de eventos, ao invés de opiniões).

A mineração de processo permite uma comparação entre a forma como os processos ocorrem na prática contra a forma que eles são projetados para operar. Van der Aalst et al. (2010), Samalikova (2012), Riera Cruañas (2012), Rubin et al. (2007) e Samalikova et al. (2014) apontam o uso promissor da mineração de processo, considerando as limitações atuais das avaliações de processo de software. A premissa é que hoje em dia as empresas (maduras) têm sido eficientes na coleta, organização e armazenamento de uma grande quantidade de dados obtidos em suas operações diárias. A maioria dessas empresas, no entanto, não usa esses dados corretamente, de modo a transformá-los em conhecimento para ser empregado em atividades de avaliação de processos. A necessidade das empresas em saber mais sobre como seus processos operam realmente é o principal motor por trás do crescente desenvolvimento e uso de técnicas de mineração de processos.

Existe a perspectiva de que a aplicação dessas técnicas permitiria avaliar, com maior objetividade, confiança, acurácia, profundidade e cobertura, aspectos relacionados à execução dos processos, tais como existência e sequência de atividades, datas de início e fim, e registros de quem foram os reais executores. A aplicação da mineração de processos potencialmente implicaria em avaliações com

menor esforço na fase presencial da avaliação, uma vez que tais técnicas possibilitariam uma análise de informações mais eficiente.

Na literatura, entretanto, há poucos casos da aplicação destas técnicas em métodos de avaliações de processos de software. Em um deles, a conclusão alcançada foi de que técnicas de coleta de informações derivadas da mineração de processo de software podem ser aplicadas para melhorar a coleta de informações nas avaliações de processo de software (SAMALIKOVA, 2012). Aspectos adicionais dos trabalhos existentes serão explorados posteriormente na seção 3, entretanto salienta-se que é perceptível uma lacuna de métodos que apresentem quais (e como) algoritmos de mineração de processo empregar em avaliações de processos.

Com base no exposto anteriormente, é identificado o seguinte problema de pesquisa:

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

“O método SCAMPI para avaliações de processos apresenta limitações, tais como dependência nas competências dos avaliadores; baixa relação custo-benefício; subjetividade para análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas; e baixa confiança em relação à seleção da amostra e sua representatividade. A mineração de processos pode ser aplicada para auxiliar coletas e análise de dados nas avaliações SCAMPI. Entretanto há uma carência de um método que defina quais, quando, onde, como e porque aplicar técnicas de mineração de processos nas avaliações de processo de software visando reduzir as limitações do método SCAMPI atual”.

A partir do problema de pesquisa é possível derivar a pergunta de pesquisa, qual seja:

1.3 PERGUNTA DE PESQUISA

“O desenvolvimento de um método viável, utilizável e útil, e que defina quais, quando, onde, como e porque aplicar técnicas de mineração de processos nas avaliações de processos baseadas no SCAMPI, reduz suas limitações atuais?”

É justamente nesses aspectos apresentados na pergunta de pesquisa que são fundamentados os objetivos (geral e específicos) desta tese de doutorado, a seguir.

1.4 OBJETIVOS

Como objetivo geral, tem-se: “desenvolver um método viável, utilizável e útil, que reduza as limitações do método SCAMPI atual, e que defina quais, quando, onde, como e porque aplicar de técnicas de mineração de processos em avaliações de processos baseadas no SCAMPI”.

Entende-se por *método*, um conjunto de processos, atividades, diretrizes e orientações. Este método visa possibilitar maior confiabilidade em termos da seleção e representatividade da amostra; maior objetividade na análise e no julgamento da implementação das práticas do modelo CMMI; menor dependência nos avaliadores e suas competências; e menor tempo e esforço da equipe, sobretudo nas atividades de coleta e análise de dados na fase presencial da avaliação. Entende-se por viável, a condição de que o método proposto possa ser executado. Entende-se por utilizável, a condição de que o método, assim como as técnicas e ferramentas associadas, sejam fáceis de utilizar. Entende-se por útil, a condição de que o método proposto é relevante, ou seja, resolve o problema ao qual se destina.

Como objetivos específicos, têm-se o seguinte:

- OE 1 Identificar as limitações dos métodos de avaliação de processos existentes, em especial o SCAMPI, e traduzir tais limitações em requisitos para um método a ser desenvolvido.
- OE 2 Caracterizar os elementos “avaliáveis” do modelo CMMI *for Development* (CMMI-DEV) e de uma organização que adota o CMMI, identificando como eles se relacionam com a Mineração de Processos, e quais deles são mais aptos a serem examinados por Mineração de Processos em uma avaliação SCAMPI.
- OE 3 Identificar quais e como técnicas de mineração de processos podem ser aplicadas como abordagens complementares ou alternativas de coleta e

análise de dados nas avaliações SCAMPI.

- OE 4 Com base nas definições anteriores, desenvolver um método para a aplicação de técnicas de mineração de processos nas avaliações de processo de software baseadas no SCAMPI.
- OE 5 Aplicar e avaliar o método desenvolvido em situações reais de avaliação de processos de software. Para esta avaliação, considerar os requisitos identificados e as expectativas de uso do método.

Nesta seção foram apresentados o contexto e a justificativa do trabalho. Também foram descritos o problema de pesquisa, a pergunta de pesquisa, o objetivo geral e os objetivos específicos.

Na seção a seguir será apresentado o delineamento da pesquisa. Nas demais seções serão apresentados a revisão de literatura (seção 3), o desenvolvimento do método proposto (seção 4), a aplicação do método proposto (seção 5), a interpretação e discussão dos resultados (seção 6) e a conclusão (seção 7).

2. DELINEAMENTO DA PESQUISA

Nesta seção são apresentadas as características da pesquisa, assim como o seu delineamento (por meio de passos metodológicos), a delimitação do escopo e a estruturação deste documento.

Em termos das características, esta pesquisa apresenta:

- a) carácter qualitativo e quantitativo, visto que pretende tanto desenvolver uma abordagem para o problema apresentado na seção 1, como também quantificar o grau de atendimento do método proposto aos seus objetivos;
- b) natureza aplicada (ou tecnológica), visto que pretende gerar conhecimentos, processos e produtos de trabalho passíveis de utilização imediata;
- c) objetivo descritivo, visto que visa descrever um método para aplicação de técnicas de mineração de processos nas avaliações de processos de software;
- d) coleta de dados a partir de múltiplas fontes, visto que utilizará vários procedimentos, em especial, revisão de literatura, estudo de casos e pesquisa de avaliação (i.e. *survey*).

Glass (1995) propõe o ciclo de vida do processo de pesquisa, o qual pode ser dividido em quatro fases: informacional; proposicional; analítica e avaliativa. A fase informacional consiste em coletar e agregar informações via reflexão, revisão de literatura, pesquisas organizacionais, ou questionários. A fase proposicional, consiste em propor e/ou construir uma hipótese, método, algoritmo, teoria ou solução. A fase analítica consiste em analisar e explorar uma proposta, levando à uma demonstração e/ou formulação de um princípio ou teoria. Por fim, a fase avaliativa consiste em avaliar uma proposição por meio de experimentação ou observação, podendo levar a um modelo, princípio ou teoria (GLASS, 1995).

Por outro lado, Miguel (2010) descreve os principais estágios do processo de pesquisa, quais sejam: a) identificação do problema de pesquisa; b) revisão da literatura; c) definição da metodologia; d) coleta de dados ou desenvolvimento teórico; e) análise de dados (análise dos resultados); f) estabelecimento de conclusões; g) recomendações de pesquisas futuras.

Sendo assim, considerando as fases (propostas por Glass) e estágios (propostos por Miguel) como referência, foram estabelecidos os seguintes passos

metodológicos para esta pesquisa, conforme Quadro 01, no qual também é apresentado o relacionamento existente entre os passos metodológicos propostos e as fases e estágios.

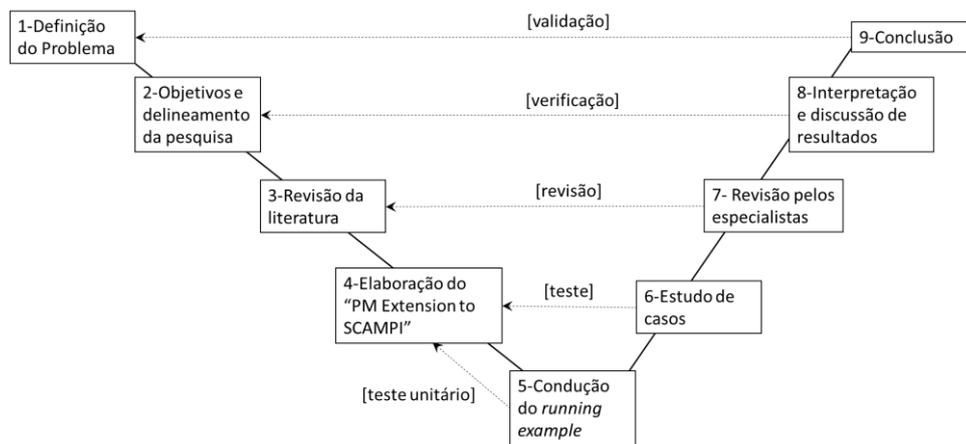
Quadro 01 – Passos metodológicos x fases e estágios

Passos metodológicos (desta pesquisa)	Fase (segundo Glass, 2005)	Estágios (segundo Miguel, 2010)
Passo 1: Definição do problema	Fase Informacional	a) Identificação do problema de pesquisa
Passo 2: Objetivos e delimitação da pesquisa		b) Revisão da literatura
Passo 3: Revisão de literatura		c) Definição da metodologia
Passo 4: Elaboração do “Process Mining Extension to SCAMPI”	Fase proposicional	d) Coleta de dados ou desenvolvimento teórico
Passo 5: Condução do <i>running example</i>	Fase analítica	e) Análise de dados (Análise dos resultados)
Passo 6: Estudo de casos		
Passo 7: Revisão pelos especialistas		
Passo 8: Interpretação e discussão de resultados		
Passo 9: Conclusão	Fase avaliativa	f) Estabelecimento de conclusões
		g) Recomendações de pesquisas futuras

2.1 PASSOS METODOLÓGICOS

Visando uma estruturação conceitual dos passos metodológicos, decidiu-se pela representação dos mesmos em um formato “V”, de maneira que, além da sequência, também são representadas as relações existentes entre os passos metodológicos em cada um dos segmentos do “V”. A característica principal dos modelos em V é que elementos no segmento à direita são aceitos mediante verificação e validação dos elementos implementados no segmento à esquerda. Esta representação foi inspirada no modelo V de ciclo de vida de desenvolvimento de software, desenvolvido pela NASA (RUPARELIA, 2010). Tal representação pode ser vista na Figura 01, a seguir.

Figura 01- Passos metodológicos



Na Figura 01, pode-se perceber também, relações entre passos metodológicos dispostos nos segmentos à esquerda e à direita. As relações são as seguintes:

- a) Validação: esta relação visa validar se o problema de pesquisa foi devidamente tratado pela condução da pesquisa. Esta validação será discutida no passo metodológico 9-Conclusão;
- b) Verificação: esta relação visa verificar se os objetivos da pesquisa foram devidamente alcançados pela condução da pesquisa. Esta verificação será feita no passo metodológico 8-Interpretação e discussão dos resultados e apresentada na seção 6;
- c) Revisão: esta relação visa revisar, além do próprio método proposto e sua aplicação, se as limitações identificadas por meio da revisão sistemática da literatura foram devidamente endereçadas pelo método proposto, segundo a visão dos especialistas. Esta revisão será feita no passo metodológico 7-Revisão pelos especialistas, porém a discussão dos resultados será apresentada na seção 6;
- d) Teste: esta relação visa testar o método proposto, quanto ao atendimento aos requisitos e adequação ao uso. Este teste será feito no passo metodológico 6-Estudo de casos, porém a discussão dos resultados será apresentada na seção 6;
- e) Teste unitário: esta relação visa “testar unitariamente” o método desenvolvido, por meio de um *running example*. É algo similar ao teste

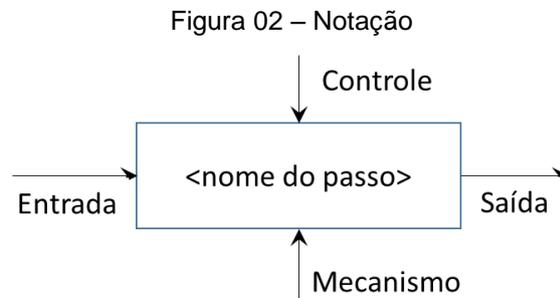
unitário, que é feito no desenvolvimento de software, durante (e especialmente ao final da) fase de codificação propriamente dita. Nesse contexto, o teste unitário verifica o funcionamento isolado de elementos de software e visa dar garantia ao desenvolvedor de que o código desenvolvido funciona, e este desenvolvedor não consegue identificar nenhum defeito adicional, visto que, sob a ótica dele, todos os defeitos já foram identificados nos recorrentes testes unitários, e corrigidos (BOURQUE; FAIRLEY, 2014). No contexto desta tese, o objeto deste teste unitário não é um software, mas sim o método proposto. Este teste unitário será feito no passo metodológico 5-Condução do *running example*, porém a discussão dos resultados será apresentada na seção 6.

A seguir são detalhados os passos metodológicos indicados na Figura 01. Para este detalhamento foi utilizada a notação apresentada na Figura 02. Tal notação foi inspirada nos diagramas IDEF0, uma notação de modelagem que representa decisões, ações e atividades de uma organização ou sistema existente ou potencial (BOURQUE; FAIRLEY, 2014). Conforme a Figura 02, são elementos de um passo metodológico:

- a) Nome do passo: descreve o nome dado ao passo metodológico;
- b) Entradas: contemplam tudo aquilo que será transformado pela(s) atividade(s) presente(s) no passo metodológico;
- c) Saídas: contemplam os resultados de atividades do passo metodológico. Tipicamente, as saídas de um determinado passo são entradas para passos subsequentes;
- d) Controle: Contemplam aspectos que regem as atividades presentes em um passo metodológico. Normalmente envolvem cenários, contextos, critérios, regras ou outras referências. “Saídas” de passos anteriores podem se tornar “Controles” em passos subsequentes quando estas não são transformadas em um determinado passo, mas que, contudo, devem ser consideradas quando da execução de tais passos subsequentes;
- e) Mecanismo: contemplam os recursos que devem ser utilizados na execução das atividades de um passo metodológico. Salieta-se que é um elemento opcional.

O detalhamento inclui também o planejamento da condução de cada passo metodológico, visto que é percebida a importância, não somente da definição dos

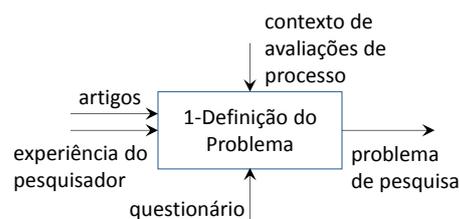
passos metodológicos, mas também de como deve ser feita a condução dos mesmos. Nos detalhamentos apresentados, este “como” é descrito por meio de atividades e tarefas.



2.1.1 Passo Metodológico 1-Definição do problema

Este passo tem como propósito definir claramente o problema de pesquisa. Conforme Figura 03, o controle refere-se ao contexto das avaliações de processos. Como entradas, tem-se os artigos associados ao tema “avaliação de processos de software” e a experiência do pesquisador no tema. Como mecanismo, tem-se um questionário para identificação das limitações do método SCAMPI atual. Como saída, tem-se a declaração do problema de pesquisa.

Figura 03 - Passo metodológico 1



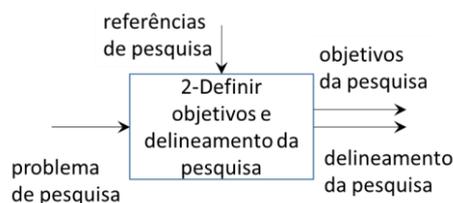
Em relação ao planejamento da condução deste passo metodológico, define-se a atividade como sendo “definir problema de pesquisa”. Salienta-se que esta atividade envolve a busca e leitura de artigos que apresentem as limitações dos métodos de avaliação de processos existentes, em particular o SCAMPI, foco desta tese. A partir da identificação destas limitações, associado com a vivência do próprio pesquisador no tema “avaliações de processo” é possível identificar o problema de pesquisa. Visando uma corroboração das limitações encontradas, será aplicado,

adicionalmente, um questionário para julgamento, por especialistas, dos pontos fortes, pontos fracos e limitações do método SCAMPI atual.

2.1.2 Passo metodológico 2-Objetivos e delineamento da pesquisa

Este passo tem como propósito definir os objetivos (geral e específicos) de pesquisa assim como o seu delineamento. Neste passo, conforme Figura 04, o controle diz respeito às “referências de pesquisa”, como por exemplo artigos, livros, dissertações e teses. Como entrada, tem-se a declaração do problema de pesquisa. Como saída, tem-se os objetivos de pesquisa e o delineamento da pesquisa.

Figura 04 - Passo metodológico 2



Em relação ao planejamento da condução deste passo metodológico, a atividade é “definir objetivos e realizar o delineamento da pesquisa”. Tal atividade é feita levando-se em consideração as referências de pesquisa, por exemplo, artigos e livros sobre metodologia de pesquisa, além de considerar, naturalmente, o próprio problema de pesquisa. Desta maneira, é possível a definição de objetivos de pesquisa coerentes e um delineamento de pesquisa claro, estruturado e objetivo.

Os critérios de viabilidade, usabilidade e utilidade, presentes no objetivo geral, foram desenvolvidos por K. Platts em 1993 em uma abordagem que ficou conhecida como *Cambridge Process Approach* (GOUVEA DA COSTA e PINHEIRO DE LIMA, 2012). Tal abordagem diz respeito à um método para a concepção e desenvolvimento de processos de operacionalização de *frameworks* conceituais, auxiliados por um conjunto de instrumentos e coordenados por procedimentos de gerenciamento (GOUVEA DA COSTA e PINHEIRO DE LIMA, 2012).

Contextualizados para este trabalho, os critérios visam responder às seguintes questões:

- a) viabilidade (ou factibilidade): O método proposto pode ser seguido?;
- b) usabilidade: Os procedimentos, ferramentas e técnicas do método são fáceis de usar?;

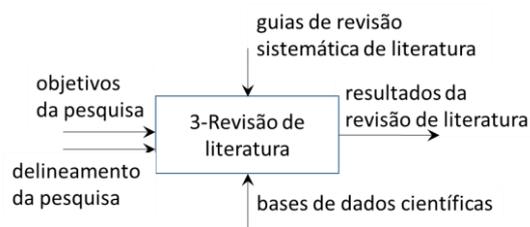
c) utilidade: Vale a pena seguir o método? Ou então, o processo forneceu um passo útil na solução do problema que o método visa endereçar?.

Adicionalmente o problema de pesquisa e a pergunta de pesquisa são definidos neste passo.

2.1.3 Passo metodológico 3- Revisão de literatura

Este passo tem como propósito identificar o estado da arte e da prática em relação os temas associados à esta tese. Neste terceiro passo metodológico, conforme Figura 05, tem-se como controle, guias de revisão sistemática da literatura. As entradas são os objetivos e o delineamento da pesquisa. Como mecanismo, tem-se as bases de dados científicas. Como saídas, tem-se os resultados da revisão da literatura, as quais incluem as limitações dos trabalhos revisados.

Figura 05 - Passo metodológico 3



Em termos do planejamento da condução deste passo metodológico, divide-se o passo em duas atividades: a) revisão da literatura e b) revisão sistemática da literatura. A revisão da literatura visa caracterizar os temas principais da pesquisa: mineração de processos e avaliação de processos de software, e suas derivações. Entretanto, visando caracterizar a integração entre os dois temas principais desta tese, uma revisão sistemática de literatura faz-se necessária.

Uma revisão sistemática de literatura é uma forma de avaliar e interpretar todas as pesquisas relevantes sobre uma determinada questão de pesquisa, área ou fenômeno de interesse (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Visam apresentar uma avaliação de um tópico de pesquisa utilizando uma metodologia confiável, rigorosa e auditável.

Kitchenham e Charters (2007) apontam razões para condução de revisões sistemáticas de literatura:

- a) para resumir as evidências existentes em relação a um tratamento ou tecnologia;
- b) para identificar lacunas na pesquisa existente visando sugerir áreas para investigação posterior;
- c) para fornecer uma estrutura ou fundamentos visando posicionar apropriadamente novas atividades de pesquisa.

A revisão sistemática de literatura em questão segue as guias propostas por Kitchenham e Charters (2007). Tais autores, propõem diretrizes para revisões sistemáticas de literatura em engenharia de software. No entanto, pressupõe-se que muitas das tarefas em uma revisão sistemática serão feitas por um grupo de pesquisadores. No caso de uma pesquisa com um único pesquisador (como no caso de uma tese de doutorado), é sugerida a condução das seguintes tarefas (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007): 1- Desenvolver um protocolo; 2- Definir a(s) pergunta(s) de pesquisa; 3- Especificar o que será feito para resolver o problema de um único pesquisador aplicar os critérios de inclusão/exclusão e realizar toda a extração de dados; 4- Definir a estratégia de busca; 5- Definir os dados a serem extraídos de cada estudo preliminar, incluindo dados qualitativos; 6- Manter listas de estudos incluídos e excluídos; 7- (Utilizar as guias de) síntese de dados e 8- (Utilizar as guias de) reporte.

No Quadro 02 são planejadas as tarefas para o processo de revisão sistemática de literatura, considerando as recomendações dos autores para pesquisa com um único pesquisador.

Quadro 02 – Planejamento da revisão sistemática de literatura

Tarefa	Planejamento
Desenvolver um protocolo de revisão sistemática de literatura	1 Protocolo de revisão
	1.1 Justificativa: A pesquisa combinada dos temas mineração de processos e avaliações de processo visa identificar estudos que fundamentam a proposta deste doutorado, onde os dois “mundos” (avaliações de processos e mineração de processos) são integrados.
	1.2 Critérios e procedimentos de seleção de estudos: serão selecionadas apenas publicações “peer-reviewed”, em <i>journals</i> ou <i>conference proceedings</i> , em inglês, que apresentem proposta ou aplicação real de técnicas de mineração de processos em avaliações de processo de software, em especial o SCAMPI. A escolha do idioma inglês, é por própria sugestão da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a qual sugere que sejam utilizados termos em inglês considerando que a literatura científica é em sua maioria publicada em inglês.

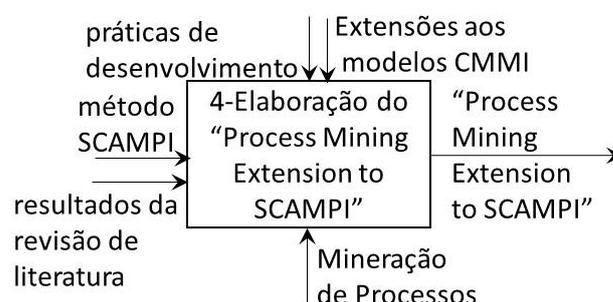
	<p>1.3 Checklists e procedimentos de avaliação da qualidade dos estudos: A lista de verificação a ser aplicada conterá os seguintes itens:</p> <p>1.3.1- o trabalho possui estruturação clara, incluindo declaração de propósito?</p> <p>1.3.2- o trabalho possui um protocolo de pesquisa adequado?</p> <p>1.3.3- o trabalho explicita quais técnicas de mineração e quais métodos de avaliação de processo foram considerados?</p> <p>1.3.4- o trabalho possui conclusões e/ou limitações pertinentes ao conteúdo apresentado?</p> <p>1.3.5- o trabalho apresenta referências com qualidade e quantidades relevantes?</p>
Definir a(s) pergunta(s) de pesquisa	<i>Como se dá a aplicação de técnicas de mineração de processos nos métodos de avaliação de processos?</i>
Especificar o que será feito para resolver o problema de um único pesquisador aplicar os critérios de inclusão/exclusão e realizar toda a extração de dados.	Após a primeira classificação ter sido feita, será selecionada uma amostra aleatória onde alguns estudos primários serão reavaliados quanto ao critério de inclusão/exclusão e os resultados confrontados com a classificação original, visando avaliar a consistência da aplicação dos critérios.
Definir a estratégia de busca	<p>Serão utilizados os termos de busca “process mining” AND (“process assessment” OR SCAMPI OR “process appraisal”) nas seguintes bases:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ScienceDirect (sciencedirect.com) • Citeseer library (citeseer.ist.psu.edu) • IEEE Xplore (ieeexplore.ieee.org) • Wiley Online Library (onlinelibrary.wiley.com) • Scopus (scopus.com) • ACM Digital Library (dl.acm.org)
Definir os dados a serem extraídos de cada estudo primário, incluindo dados qualitativos	Para cada trabalho selecionado serão extraídos os seguintes dados: data de extração; título do trabalho; autoria; <i>journal</i> ; detalhes de publicação; propósito, técnica(s) de mineração de processos aplicada(s), método(s) de avaliação associado; resultados qualitativos alcançados; resultados quantitativos alcançados; limitações e conclusões.
Manter listas de estudos incluídos e excluídos	Será mantida tanto para os estudos incluídos como excluídos, segundo critério e procedimento estabelecidos no item 1.2.
Síntese de dados	<p>Os dados serão tabulados para mostrar as informações básicas de cada estudo. Será feito um levantamento de quais técnicas de mineração foram aplicadas em cada um dos métodos de avaliação de processo de software identificados, e em qual aspecto a técnica de mineração contribuiu para o método de avaliação de processo de software.</p> <p>Caso existam dados quantitativos, estes serão categorizados e apresentados usando, no mínimo, estatística descritiva.</p>
Reporte	A divulgação se dará como parte integrante desta tese de doutorado, mas especificamente na seção 3.

2.1.4 Passo metodológico 4-Elaboração do “Process Mining Extension to SCAMPI”

O quarto passo metodológico tem como propósito elaborar o método “Process Mining Extension to SCAMPI”. Conforme Figura 06, o controle diz respeito às (boas) práticas de desenvolvimento de produtos e às extensões existentes para o modelo

CMMI: +SAFE extension to CMMI-DEV, V1.2 (SAFE, 2007) e Security by Design with CMMI for Development, Version 1.3 (SIEMENS AG CORPORATE TECHNOLOGY, 2013). São abordagens análogas ao que está sendo proposto elaborar neste passo metodológico. Como entradas, tem-se os resultados da revisão de literatura e o método SCAMPI. Como mecanismo, tem-se os conceitos de mineração de processos. A saída é o próprio método “estendido” “Process Mining Extension to SCAMPI”.

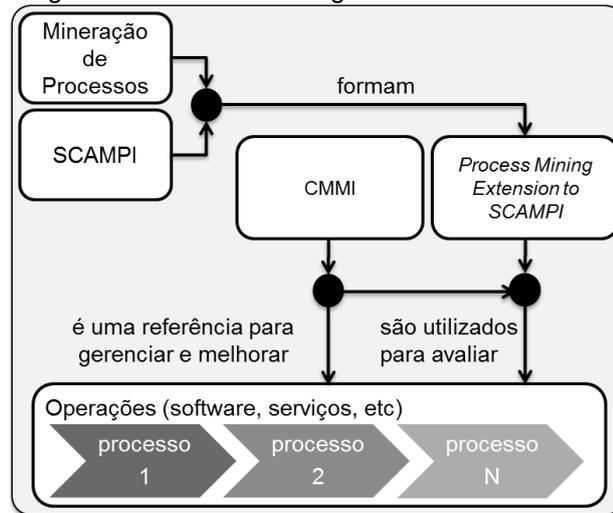
Figura 06 - Passo metodológico 4



Este passo metodológico diz respeito ao desenvolvimento de um método que permita estender o método SCAMPI visando à aplicação de técnicas de mineração de processos em avaliações de processos baseadas no SCAMPI. Neste sentido, o método “Process Mining Extension to SCAMPI” será construído de forma que possa ser utilizado por avaliadores CMMI que conheçam um mínimo de mineração de processos, a partir de treinamentos ou orientações dados por especialistas em mineração de processos.

A Figura 07 apresenta como a disciplina de mineração de processos, os modelos CMMI e o método SCAMPI se relacionam. Aspectos de mineração de processos, tais como técnicas e algoritmos, são integrados no atual método SCAMPI visando reduzir as limitações existentes no SCAMPI. Esta integração resulta no método estendido “Process Mining Extension to SCAMPI”. Então, tal método passa a ser utilizado para avaliar, com o auxílio da mineração de processos, a implantação de modelos CMMI em uma determinada unidade organizacional. Nota-se também que antes de ser utilizado como modelo de referência nas avaliações, um determinado modelo CMMI é utilizado como referência para a definição dos processos de uma unidade organizacional.

Figura 07 - Process Mining Extension to SCAMPI



Para um desenvolvimento de forma estruturada do método proposto serão consideradas, como base, as metas específicas da área de processos *SSD-Service System Development* do CMMI-SVC. O propósito desta área de processos é desenvolver sistemas de serviços e seus componentes, e é considerada aqui como referência para o desenvolvimento do método proposto, por se tratar de uma “engenharia” mais “enxuta”.

As três metas específicas de SSD auxiliaram a identificação das tarefas a serem realizadas neste passo metodológico. A seguir, são apresentadas cada uma das metas, as considerações feitas ao desenvolvimento do método e as tarefas identificadas:

SG1 Develop and Analyze Stakeholder Requirements - Stakeholder needs, expectations, constraints, and interfaces are collected, analyzed, and transformed into validated service system requirements.

Nesta etapa será feita a identificação das necessidades, expectativas, restrições e interfaces para o método proposto, assim como a transformação disso em requisitos para o método proposto. Diante disso, são previstas as seguintes tarefas:

- 1.1- Identificar e analisar necessidades, expectativas e restrições para o método proposto. Para esta determinação, faz-se necessário identificar também as limitações do método SCAMPI atual;
- 1.2- Caracterizar as abordagens de coleta e análise de informações no método SCAMPI atual;
- 1.3- Caracterizar as técnicas de mineração de processos existentes, identificando quais podem ser utilizadas em avaliações SCAMPI;
- 1.4- Caracterizar os elementos “avaliáveis” do modelo CMMI-DEV, identificando quais deles são mais aptos a serem examinados por mineração de processos, em uma avaliação SCAMPI;
- 1.5- Caracterizar os elementos “avaliáveis” em uma organização que adota o CMMI, identificando o relacionamento deles com a mineração de processos;
- 1.6- Elaborar requisitos para o método proposto, a partir das descobertas feitas nas tarefas anteriores.

SG2 Develop Service Systems - Service system components are selected, designed, implemented, and integrated.

Aqui, tem-se a seleção, baseada em critérios, de uma solução técnica para o método proposto, a partir de alternativas identificadas. Contempla também o *design*, a implementação e a integração de componentes ao método proposto. As tarefas são:

- 2.1- Identificar alternativas de formato (e conteúdo) para o método proposto e com base em critérios definidos, selecionar a melhor alternativa;
- 2.2- Identificar metodologias de condução de projetos de mineração e como elas podem se relacionar com o método SCAMPI;
- 2.3- Identificar como técnicas de mineração de processos identificadas podem ser aplicadas como abordagens complementares ou alternativas de coleta e

análise de dados no método SCAMPI. Identificar e criar componentes para solucionar os requisitos, a partir desta identificação;

2.4- Integrar os componentes desenvolvidos com o método SCAMPI atual, formando o método proposto.

SG3 Verify and Validate Service Systems - Selected service system components and services are verified and validated to ensure correct service delivery

Aqui, tem-se a verificação e validação do método proposto para garantir sua adequação às expectativas de uso. A tarefa identificada é:

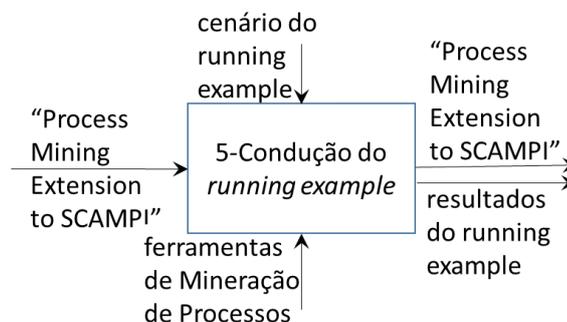
3.1- Aplicar e avaliar o método desenvolvido em situações reais de avaliação de processos de software. Para esta avaliação, considerar os requisitos identificados e as expectativas de uso do método.

Salienta-se que esta última tarefa, diz respeito ao passo metodológico 5 e passos subsequentes.

2.1.5 Passo metodológico 5-Condução do Running Example

Este passo metodológico tem como propósito “testar unitariamente” o método desenvolvido, por meio de um *running example*, algo como um “teste unitário”. Neste passo, conforme a Figura 08, a entrada é o próprio método “Process Mining Extension to SCAMPI”. Como controle tem-se o cenário do *running example* (i.e. dados, contexto, etc). Como mecanismos, ferramentas de mineração de processos. Como saídas, tem-se os resultados do *running example* e o próprio método “Process Mining Extension to SCAMPI”, agora testado “unitariamente”.

Figura 08 - Passo metodológico 5



Em termos do planejamento da execução do passo metodológico, é planejada a realização da atividade “condução do running example”. A intenção é que o

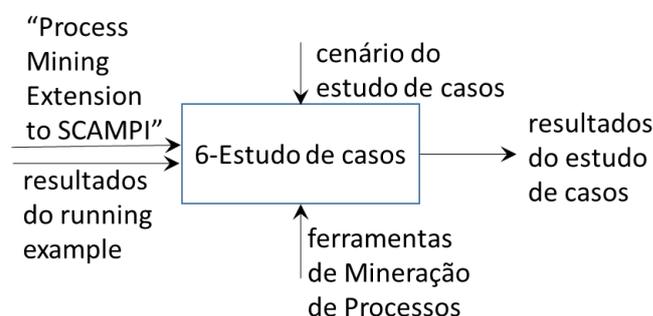
running example seja feito tanto ao longo como ao final do desenvolvimento do método, de maneira a confirmar (ou refinar) o que está sendo proposto, sobretudo em termos de ferramentas, técnicas e algoritmos de mineração de processos.

2.1.6 Passo metodológico 6- Estudo de casos

Este passo metodológico tem como propósito testar o método “Process Mining Extension to SCAMPI” em situações reais para verificar o atendimento aos requisitos do método assim como a adequação ao uso. É algo similar ao que é feito na fase de testes existente no desenvolvimento de software.

Neste passo, conforme Figura 09, as entradas são o próprio método Process Mining Extension to SCAMPI e os resultados do *running example*. O controle é o cenário do estudo de casos (i.e. contexto e dados associados ao estudo de casos). Como mecanismo, tem-se as ferramentas de mineração de processos. Como saída, tem-se os resultados do estudo de casos.

Figura 09 - Passo metodológico 6



Em termos do planejamento da condução do passo metodológico, a atividade a ser realizada é “condução de estudo de casos”. Estudo de caso são abordagens metodológicas de pesquisa muito utilizadas em engenharia de produção. É um trabalho de caráter empírico que investiga um dado fenômeno dentro de um contexto real contemporâneo por meio da análise aprofundada de um ou mais objetos de análise (i.e. casos) (MIGUEL; SOUZA, 2012). Um estudo de casos pode ser utilizado para diferentes tipos de investigação: exploração; construção de teoria (explanatório); teste de teoria e extensão/refinamento de teoria. No contexto desta tese de doutorado, o estudo de casos a ser conduzido classifica-se como teste de teoria visto que será conduzido para testar uma proposta.

Segundo Miguel e Souza (2012), o estudo de casos deve ser conduzido com o rigor metodológico necessário para que se justifique como pesquisa. Faz-se necessário definir os métodos e técnicas para a coleta de dados e realizar o planejamento para o estudo de casos. Para tal, os autores recomendam uma proposta de conteúdo e sequência para a condução de um estudo de caso: definir uma estrutura conceitual-teórica; planejar os casos; conduzir teste piloto; coletar os dados; analisar os dados; gerar relatório (MIGUEL; SOUZA, 2012).

Sendo assim, o estudo de casos aqui definido contempla a estruturação recomendada, com as considerações de conteúdo apresentadas no Quadro 03.

Quadro 03 – Considerações para a condução do estudo de casos

Tarefas	Considerações
Definir uma estrutura conceitual-teórica	Considerando que o estudo de casos proposto se configura como teste de teoria, a estrutura conceitual-teórica diz respeito à própria proposta desta tese: um método para aplicação de técnicas de mineração de processos em avaliações de processos de software (a ser desenvolvido no passo metodológico 4-Elaboração do “Process Mining Extension to SCAMPI”)
Planejar os casos	O estudo de casos será do tipo longitudinal, uma vez que investigará casos a serem conduzidos. Em termos do número, é prevista a realização de múltiplos casos. Os casos dizem respeito ao uso do método proposto na condução de avaliações SCAMPI em operações de serviços de manutenção de software. Esta decisão se dá em virtude de que serviços de manutenção de software são mais propensos a utilizarem sistemas de informação para a operação e a gestão de atividades do que cenários de desenvolvimento de software. Sendo assim, há uma grande probabilidade de tais operações possuírem <i>logs</i> de eventos adequados.
Conduzir teste piloto	Como piloto, será considerado o próprio <i>running example</i> a ser conduzido, similar, porém com menor porte, rigor e complexidade do que as avaliações SCAMPI. O intuito do teste piloto é reduzir impactos de possíveis desafios ou fracassos durante a aplicação do método proposto.
Coletar os dados	A coleta de dados será feita ao longo da aplicação do método proposto nas avaliações SCAMPI. Serão considerados dados os próprios resultados dos algoritmos de mineração de processos assim como informações e descobertas associadas à própria aplicação do método estendido. O protocolo para coleta de dados serão as próprias atividades e práticas do método proposto, em virtude do grau de detalhe apresentado ser suficiente para tal.
Analisar os dados	A análise de dados diz respeito aos resultados obtidos com o uso do método proposto. Nesta tarefa, dados qualitativos e quantitativos gerados serão analisados quanto ao atendimento aos requisitos do método proposto e à adequação ao uso, mediante os critérios de viabilidade, usabilidade e utilidade. Nesta tarefa também será avaliada a validade (interna e externa) e a confiabilidade dos casos.
Gerar relatório	O relatório, em inglês, em virtude de que tal relatório será utilizado no passo metodológico 7-Revisão pelos especialistas, será constituído das seguintes seções: Executive Summary; Contents; Introduction; Case study design; Results; Conclusion and future work. Tais seções foram definidas considerando o trabalho de Runeson e Höst (2009) como referência. A divulgação se dará como apêndice nesta tese de doutorado.

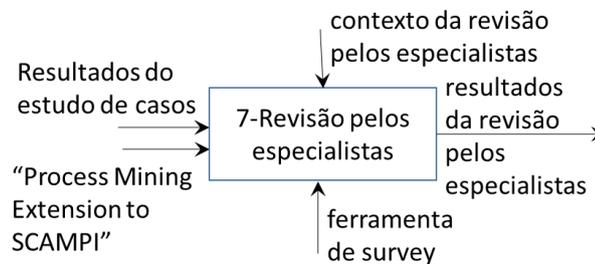
2.1.7 Passo metodológico 7-Revisão pelos especialistas

Neste passo metodológico, o propósito é a revisão pelos especialistas em relação ao método proposto e sua aplicação assim como avaliar se as limitações identificadas em relação ao método de avaliação foram devidamente endereçadas pelo método estendido.

Neste passo, conforme Figura 10, são entradas os resultados do estudo de casos (compreendendo contexto, detalhes referente à condução, etc) e o método “Process Mining Extension to SCAMPI”. Como controle, o contexto da revisão pelos especialistas contemplando, por exemplo, o conhecimento e experiência dos especialistas. Como mecanismo, uma ferramenta de questionários *online*. As saídas

são os resultados da revisão pelos especialistas, contemplando, por exemplo, o *feedback* dos respondentes e a análise dos resultados.

Figura 10 - Passo metodológico 7



Em termos de planejamento para a condução deste passo, a atividade a ser executada é a revisão pelos especialistas (i.e. avaliadores SCAMPI e outros especialistas em CMMI), os quais avaliarão o método proposto, os resultados alcançados no estudo de casos, e se o método proposto reduz as limitações encontradas na revisão (sistemática) de literatura. Tais avaliações serão realizadas mediante um *survey* (ou pesquisa de avaliação).

Segundo Lee Ho e Miguel (2012), pesquisas baseadas em *survey* são utilizadas para pesquisar fenômenos em diferentes áreas da engenharia de produção e gestão de operações. Um *survey* pode ser de três tipos: exploratório, descritivo ou explanatório. No contexto desta tese, o *survey* será explanatório, também chamado confirmatório ou de teste de teoria, visto que terá como objetivo revisar, sob a ótica de especialistas, tanto o método em si, como os resultados do estudo de casos, para avaliar se o método proposto reduz as limitações do método SCAMPI. O questionário contemplará questões associadas às limitações do método SCAMPI, identificadas nos passos iniciais desta pesquisa; ao conteúdo do método proposto; e aos resultados alcançados no estudo de caso. Entretanto, antes do preenchimento do questionário pelos especialistas, será feita uma *walkthrough*, ou seja, uma demonstração, para alguns especialistas. Esta demonstração tem por objetivo familiarizar tais revisores sobre mineração de processos e sobre o método proposto e sua aplicação, assim como obter algum *feedback* inicial dos especialistas, como um ganho rápido. Esta prática de *walkthrough* é bastante difundida em cenários maduros de desenvolvimento de software, sendo esta a inspiração para sua aplicação neste contexto. Tal demonstração garantirá que

alguns revisores estejam ciente do que é mineração de processos e de como as técnicas de mineração de processos, presentes no método proposto, foram propostas para auxiliar nas avaliações de processos baseadas no SCAMPI.

Ainda segundo Lee Ho e Miguel (2012), o *survey* deve ser conduzido com o rigor metodológico necessário, ou seja, é importante definir os protocolos para a coleta de dados e realizar o planejamento para a condução de uma pesquisa de avaliação. Sendo assim, a revisão pelos especialistas contemplará as tarefas Desenvolver um modelo teórico conceitual e constructos; Planejar o survey; Construir instrumento de coleta de dados – questionário; Conduzir teste piloto; Coletar os dados; Analisar os dados; Gerar relatório. Tal planejamento é apresentado no Quadro 04:

Quadro 04 – Considerações para a condução da revisão pelos especialistas

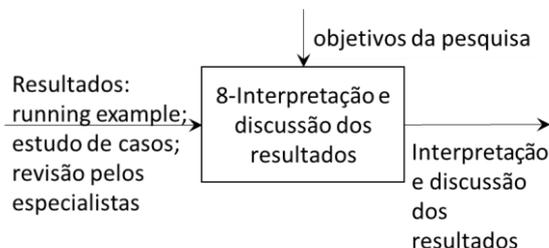
Tarefas	Planejamento
Desenvolver um modelo conceitual e constructos	Considerando que a revisão pelos especialistas por meio de um survey se aplica como teste de teoria, o modelo teórico-conceitual diz respeito à própria proposta desta tese: um método para aplicação de técnicas de mineração de processos em avaliações de processos de software (a ser desenvolvido no passo metodológico 4-Elaboração do “Process Mining Extension to SCAMPI”). Serão considerados como constructos os aspectos associados ao objetivo geral desta pesquisa (i.e. usabilidade, viabilidade e utilidade) assim como as limitações do método SCAMPI atual.
Planejar o survey	O survey a ser desenvolvido apresenta característica observacional pois parte dos respondentes o responderão sem intervenção alguma. Também se configura como amostral probabilística visto que o survey será disponibilizado de forma aberta para a comunidade de avaliadores e outros especialistas em CMMI, via fóruns específicos na rede social LinkedIn (www.linkedin.com), e sendo assim, não haverá controle sobre quais pessoas o receberão e sobre quem especificamente responderá o survey. A intenção aqui é usar o princípio da técnica Delphi, uma técnica de coleta de informações utilizada como meio de alcançar um consenso de especialistas em um assunto (PMI, 2008), a qual é bastante utilizada em cenários maduros de engenharia de software. A população-alvo são os avaliadores oficiais (i.e. <i>lead appraisers</i>) e demais especialistas CMMI. Neste caso, para o cálculo do tamanho amostral, foi considerado uma população de 430 unidades, um intervalo de confiança de 95%, um erro amostral de 10% e percentual populacional de 50%. Com estes parâmetros, o tamanho da amostra deve ser 79. Visando uma maior confiabilidade nas respostas, alguns potenciais respondentes serão expostos à uma demonstração (ou <i>walkthrough</i>) por parte do pesquisador, de maneira que se familiarizem com os conceitos e ferramentas de mineração de processos, e com o método proposto e sua aplicação antes de responderem o questionário.
Construir instrumento de coleta de dados – questionário	A construção do questionário para coleta de dados será feita em ferramentas online de survey, nominadamente o Polldaddy (www.polldaddy.com). O tipo é estruturado não disfarçado, ou seja, será mínimo o número de questões abertas e o respondente conhecerá os objetivos da pesquisa. Ao invés da escala Likert, será dada preferência a dados quantitativos contínuos, por apresentarem maior adequação para análise estatísticas, incluindo o teste de hipótese a ser feito. As perguntas serão derivadas dos constructos estabelecidos, questionando, por exemplo, em uma escala contínua de 1 a 5 se o método proposto apresenta um determinado fator (do constructo) com desempenho superior em relação ao método SCAMPI original. Orientações de preenchimento assim como orientações sobre definições e conceitos explorados nas perguntas serão feitas no início do questionário.
Conduzir teste piloto	Como piloto, será aplicado o questionário desenvolvido de maneira que alguns poucos respondentes selecionados possam responder com o intuito de verificar e validar o questionário elaborado na ferramenta. Neste momento não espera-se que tais respostas sejam consideradas como válidas. O motivo da aplicação deste questionário piloto é reduzir riscos na aplicação do questionário em larga escala.
Coletar os dados	A coleta de dados será feita por meio do questionário construído. Serão considerados dados, as respostas dos avaliadores para perguntas abertas e fechadas. O protocolo para a coleta de dados será definido pelo próprio design do survey e pela ferramenta Polldaddy que restringe alguns tipos de formatos para a coleta de dados.
Analisar os dados	A análise de dados diz respeito aos resultados obtidos no survey. Nesta tarefa, dados qualitativos e quantitativos gerados serão analisados para verificar, por meio de estatística descritiva e teste de hipótese (no caso dos dados quantitativos), se o método cumpre seus objetivos, ou seja, se reduz as

	limitações identificadas; se é viável, utilizável e útil e se define quais, como, onde, como e porque aplicar técnicas de Mineração de Processos em avaliações SCAMPI. Especificamente para o teste de hipóteses, os parâmetros serão $H_0 = 3,00$ (representando a neutralidade em uma escala contínua de 1 a 5) com $\alpha = 0,05$.
Gerar relatório	O relatório, em inglês, será constituído das seguintes seções: Executive Summary; Background; Survey Planning; Survey Preparation; Pilot; Data Collection, Data Analysis, Results and Conclusion. Tais seções foram definidas tomando-se como referência o trabalho de Forza (2002). A divulgação será feita por meio do apêndice nesta tese de doutorado.

2.1.8 Passo metodológico 8-Interpretação e discussão dos resultados

Este passo metodológico tem como propósito interpretar e discutir os resultados alcançados com o desenvolvimento do método, *running example*, estudo de casos e revisão pelos especialistas. Inclui também verificar se os objetivos de pesquisa foram devidamente alcançados pela condução desta pesquisa. Conforme Figura 11, tem-se como controle, os objetivos da pesquisa. Como entradas, os resultados do *running example*, do estudo de casos e da revisão pelos especialistas. Como saída, tem-se a interpretação e discussão dos resultados.

Figura 11- Passo metodológico 8

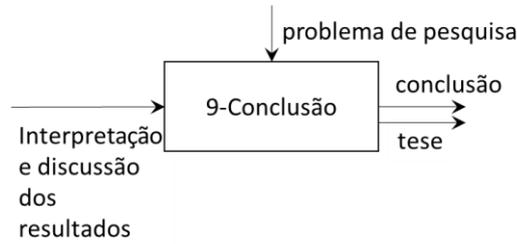


Em termos de planejamento da condução deste passo metodológico, será executada a atividade de interpretação e discussão dos resultados do trabalho como um todo. Visando a verificação dos resultados alcançados, serão considerados os objetivos geral e específicos.

2.1.9 Passo metodológico 9-Conclusão

Este passo metodológico visa a conclusão da pesquisa, validando se o problema de pesquisa foi devidamente tratado pela condução da pesquisa. Conforme Figura 12, tem-se como entrada a interpretação e discussão dos resultados. O controle diz respeito ao problema de pesquisa. A saída é a conclusão assim como a própria tese.

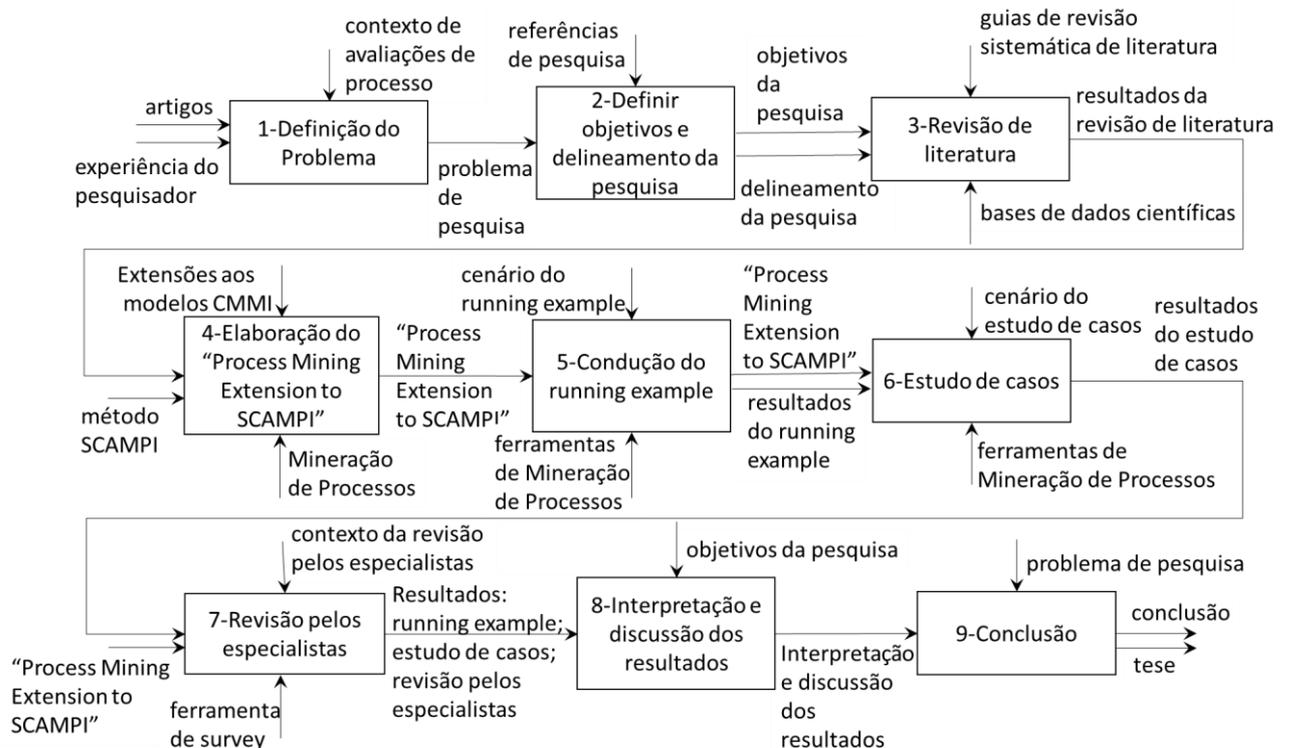
Figura 12 - Passo metodológico 9



Em termos do planejamento da condução deste passo metodológico, a atividade a ser executada é a conclusão em si. Tal atividade envolve a validação se o problema de pesquisa deixa de ser um problema após a finalização desta tese. Para isso é utilizado tanto o problema de pesquisa como a pergunta de pesquisa. Caso a pergunta de pesquisa seja respondida positivamente, por meios de critérios objetivos, pode-se dizer que o problema de pesquisa foi contemplado com sucesso, demonstrando a eficácia da tese proposta.

Visando dar uma maior visibilidade, na Figura 13 é apresentada a visão geral do delineamento da pesquisa, considerando todos os passos metodológicos, suas entradas, saídas, controles e mecanismos.

Figura 13 – Visão geral do delineamento da pesquisa



2.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA DE PESQUISA

O tema desta tese é delimitado pelo seguinte:

- a) Em termos do método de avaliação, o escopo da pesquisa envolve exclusivamente as avaliações de processos baseadas no método SCAMPI v1.3b. Neste sentido, não serão contemplados outras versões de tal método ou outros métodos de avaliação, como os baseados na norma ISO/IEC 15504-2 e o método *Capability Determination Method for eSourcing Capability Models* (ITSQC, 2006) utilizado para avaliar os modelos *eSourcing Capability Model for Service Provider* (eSCM-SP) (HYDER; HESTON; PAULK, 2010) e *eSourcing Capability Model for Service Provider* (eSCM-CL) (HEFLEY; LOESCHE, 2006).
- b) Em termos do objeto das avaliações, o escopo da pesquisa envolve o modelo de referência para desenvolvimento de software/sistemas CMMI-DEV v1.3. Ou seja, não serão tratadas outras versões de tal modelo ou ainda outros modelos de referência aplicáveis à serviços de software, como o modelo *ITIL-Information Technology Infrastructure Library* (OFFICE OF GOVERNMENT COMMERCE, 2007) e os modelos eSCM-SP e eSCM-CL. Também excluem-se trabalhos associados à iniciativas nacionais de criação de métodos de avaliação ou modelos de referência, ainda que para desenvolvimento de software. Também não serão cobertos modelos com propósitos alheios à software, como por exemplo, a norma ISO 9001 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2008) aplicável à organizações de qualquer segmento.
- c) Em termos das técnicas a serem aplicadas, o foco é exclusivamente a mineração de processo. Em outras palavras, não é intenção deste trabalho contemplar técnicas de mineração de dados, de texto, *machine learning* ou outras.
- d) Em termos do âmbito da aplicação das técnicas de mineração, o foco é exclusivamente a aplicação de mineração de processos em avaliações de processos SCAMPI, visando aspectos de conformidade. Embora possa haver benefícios da aplicação da mineração de processos como instrumento para avaliação de performance, melhoria de processos ou

monitoramento e controle de operações em tempo real, isto não é foco desta tese.

2.3 ESTRUTURAÇÃO DO DOCUMENTO

A estruturação do documento desta tese de doutorado é baseada no Guia para normalização de trabalhos acadêmicos da PUCPR (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ, 2013) e sendo assim, está organizada conforme Quadro 05, na qual são apresentados, além das seções e subseções do documento, os passos metodológicos e objetivos específicos associados:

Quadro 05 – Estruturação do trabalho

Seção	Subseção	Descrição	Passo metodológico	Objetivo específico
Seção 1 – Introdução	1.1 Problematização	Apresentação da problematização do trabalho.	Passo 1: Definição do problema	-
	1.2 Problema de pesquisa	Apresentação do problema de pesquisa.	Passo 1: Definição do problema	-
	1.3 Pergunta de pesquisa	Apresentação da pergunta de pesquisa derivada do problema de pesquisa.	-	-
	1.4 Objetivos	Apresentação do objetivo geral e objetivos específicos.	Passo 2: Objetivos e delineamento da pesquisa	-
Seção 2 – Delineamento da pesquisa	2.1 Passos metodológicos	Apresentação do delineamento da pesquisa.	Passo 2: Objetivos e delineamento da pesquisa	-
	2.2 Delimitação do tema de pesquisa	Apresentação da delimitação do tema de pesquisa.	-	-
	2.3 Estruturação do documento	Apresentada a estruturação deste documento, em termos de seções e seções secundárias, e o relacionamento destas com os passos metodológicos e objetivos específicos.	-	-
Seção 3 Revisão de literatura	3.1; 3.2; 3.3	Apresentação da condução do processo e do conteúdo associados ao passo metodológico 3.	Passo 3: Revisão da literatura	OE 1, OE 2, OE 3
Seção 4 – Desenvolvimento do método	4.1 Elaboração do “Process Mining Extension to SCAMPI”	Apresentação da condução do processo e do conteúdo associados ao passo metodológico 4.	Passo 4: Elaboração do “Process Mining Extension to SCAMPI”	OE 4

	4.2 Condução do <i>running example</i>	Apresentação da condução do processo e do conteúdo associados ao passo metodológico 5	Passo 5: Condução do <i>running example</i>	OE 5
Seção 5 – Aplicação do método	5.1 Estudo de casos	Apresentação da condução do processo e do conteúdo associados ao passo metodológico 6.	Passo 6: Estudo de casos	OE 5
	5.2 Revisão pelos especialistas	Apresentação da condução do processo e do conteúdo associados ao passo metodológico 7.	Passo 7: Revisão pelos especialistas	OE 5
Seção 6 – Interpretação e discussão de resultados	6.1 Passo metodológico 8	Apresentação da condução do processo e do conteúdo associados ao passo metodológico 8.	Passo 8: Interpretação e discussão de resultados	-
	6.2 Avaliação dos objetivos de pesquisa	Avaliação do objetivo geral e dos objetivos específicos, com base nos resultados alcançados.	Passo 8: Interpretação e discussão de resultados	
	6.3 Limitações	Apresentação das limitações desta pesquisa.	Passo 8: Interpretação e discussão de resultados	-
Seção 7 – Conclusão	7.1 Contribuições	Apresentação das contribuições desta pesquisa.		-
	7.2 Trabalhos futuros	Descrição dos potenciais trabalhos futuros.		-
	7.3 Conclusão	Apresentação da conclusão final da pesquisa.	Passo 9: Conclusão	-
Referências		Apresentação das referências utilizadas nesta tese.	-	-
Apêndices	Apêndice A – questionário : limitações do método SCAMPI	Análise do questionário relacionado às limitações do método SCAMPI atual.	Passo 1: Definição do problema	
	Apêndice B – revisão sistemática de literatura	Lista de trabalhos encontrados na revisão sistemática de literatura.	Passo 3: Revisão da literatura	
	Apêndice C – <i>multiple cases study report</i>	Relatório que descreve os resultados do estudo de casos múltiplos.	Passo 6: Estudo de casos	OE 5
	Apêndice D – survey design	<i>Design</i> do survey associado ao passo metodológico 7.	Passo 7: Revisão pelos especialistas	OE 5
	Apêndice E – <i>survey results report</i>	Relatório que descreve os resultados do survey.	Passo 7: Revisão pelos especialistas	OE 5
	Apêndice F – Process Mining Extension to SCAMPI	Relatório técnico que contempla o método proposto “Process Mining Extension to SCAMPI”.	Passo 4: Elaboração do “Process Mining Extension to SCAMPI”	OE 4

Nesta seção foram apresentadas as características da pesquisa, assim como o delineamento da pesquisa, a delimitação do escopo e a estruturação do

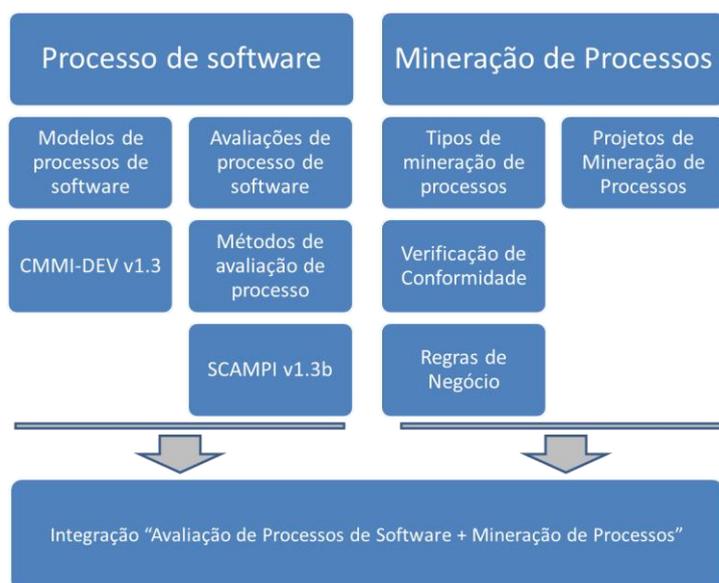
documento. Na seção a seguir será apresentada a revisão da literatura que embasa esta tese assim como as justificativas para escolha dos temas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção é apresentada uma revisão de literatura dos principais temas (e temas correlatos) desta tese, quais sejam: processo de software; modelos de processos de software; CMMI-DEV v1.3; avaliações de processo de software; métodos de avaliação de processo; método SCAMPI; mineração de processos; tipos de mineração de processos; verificação de conformidade; regras de negócio e projetos de mineração de processos.

A Figura 14 mostra a estruturação dos temas nesta revisão de literatura.

Figura 14 – Estruturação dos temas



No Quadro 06 a seguir é apresentada a justificativa de inclusão de cada tema associado à esta pesquisa.

Quadro 06 – Temas da pesquisa e justificativas

Tema	Justificativa
Processo de software	Conceito fundamental associado ao tema “avaliações de processo”, visto que o processo de software, tal como o processo de desenvolvimento de software, é o objeto das avaliações de processo de software.
Modelos de processos de software	Conceito fundamental associado ao tema “avaliações de processo”, visto que as normas e modelos de processos de software descrevem as práticas a serem executadas pelas organizações por meio de seus processos de software.
CMMI-DEV v1.3	É um dos temas principais desta tese de doutorado, uma vez que é o modelo de referência mais difundido em se tratando de processos de desenvolvimento de software
Avaliações de processo de software	É um dos temas principais desta tese de doutorado, uma vez que o objetivo desta tese é desenvolver um método para aplicação de técnicas de mineração de processos em avaliações de processos baseadas no SCAMPI.
Métodos de avaliação de processos	Conceito fundamental associado ao tema “avaliações de processos”, visto que as avaliações de processo são conduzidas segundo um método de avaliação de processos.
SCAMPI v1.3b	É um dos temas principais desta tese de doutorado, uma vez que é o método de avaliação de processos mais difundido.
Mineração de processos	É um dos temas principais desta tese de doutorado, uma vez que o principal objetivo é desenvolver um método para aplicação de técnicas de mineração de processos em avaliações de processos baseadas no SCAMPI.
Tipos de mineração de processos	São os tipos de mineração de processos existentes atualmente, quais sejam, descoberta do processo, verificação de conformidade e extensão (melhoria).
Verificação de conformidade	Tipo específico de mineração de processo que visa verificar a conformidade de um <i>log</i> com o modelo prescrito ou regras de negócio. Tende a ser o principal tipo de mineração de processos a ser utilizado no método a ser desenvolvido nesta pesquisa.
Regras de Negócio	Regra de negócio são declarações que definem ou restringem algum aspecto da estrutura ou do comportamento do negócio. Tendem a ser uma das formas pelas quais será avaliado se o processo praticado pela organização está aderente ao processo definido ou se cumpre as práticas do modelo CMMI.
Projeto de Mineração de Processos	É uma forma de como a mineração de processos pode ser aplicada para se obter resultados como melhorar o desempenho de processos ou verificar (e aprimorar) a conformidade com regras e regulamentações. No contexto desta tese, será uma referência de como a mineração de processos pode ser aplicada no método de avaliação SCAMPI.
Integração “Mineração de Processos – Avaliação de Processos”	É o tema principal desta tese de doutorado.

A seguir são apresentados cada um dos temas.

3.1 PROCESSOS DE SOFTWARE

Humphrey, um dos mais renomados autores em engenharia de software definiu processo como um conjunto de atividades, métodos e práticas que orientam as pessoas (com suas ferramentas) na produção de bens ou serviços (KITSON; HUMPHREY, 1989). Neste sentido, um processo de software pode ser definido como um conjunto coerente de políticas, estruturas organizacionais, tecnologias, procedimentos e artefatos que são necessários para conceber, desenvolver, implantar e manter um produto de software (FUGGETTA, 2000). Ainda segundo Kitson e Humphrey (1989) um processo de software totalmente eficaz deve considerar as relações entre as tarefas necessárias; as ferramentas e métodos; e a habilidade, o treinamento e a motivação das pessoas envolvidas. Um exemplo de um processo de software é o processo de desenvolvimento do software.

3.1.1 Modelos de processo de software

Segundo Voss, Ahlstrom e Blackmon (1997), o termo “práticas” refere-se aos processos que uma organização executa para operar seus negócios. Contemplam desde aspectos organizacionais tais como trabalho em equipe e envolvimento de funcionários até o uso de técnicas tal como *kanban* (VOSS; ÅHLSTRÖM; BLACKMON, 1997). Melhores práticas são um conjunto de práticas empíricas que são executadas e difundidas pelas organizações de um determinado segmento (ex: segmento das empresas de desenvolvimento de software) e que passam a ser reconhecidas pela comunidade como práticas que, uma vez executadas, tendem a levar a um desempenho superior. Normalmente estão descritas e organizadas de forma estruturada, nos chamados modelos de melhores práticas ou modelos (de referência) de processos. Chrissis, Konrad e Shrum (2011) definem modelos como coleções de melhores práticas que ajudam as organizações a melhorar seus processos.

Salviano e Figueiredo (2008) salientam que o termo “modelo de capacidade/maturidade de processo” é usado para refletir modelos de melhores práticas alinhadas aos conceitos de capacidade e maturidade de processo.

Estes modelos são utilizados como uma base de avaliação e comparação para a melhoria e/ou avaliação de processos, onde assume-se que uma maior capacidade de processo ou maturidade organizacional está associada a um melhor

desempenho (VON WANGENHEIM et al., 2010). Contudo, existem outros modelos de melhores práticas organizadas a partir de diferentes conceitos, e sendo assim, não são considerados modelos de capacidade/maturidade de processos de software. A ISO 9001:2008 Quality Management Systems – Requirements (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2008), por exemplo, é um modelo de melhores práticas organizadas como um conjunto de requisitos mas que não considera o conceito de capacidade de processo.

Entre os modelos de maturidade/capacidade de processos de software existentes, é possível destacar os modelos CMMI (*Capability Maturity Model Integration*). Modelos CMMI descrevem as melhores práticas que organizações julgam ser produtivas e úteis para atingir seus objetivos de negócio. Um dos modelos CMMI - o modelo CMMI for Development (CMMI-DEV) - consiste das melhores práticas para desenvolvimento de produtos (CHRISSIS; KONRAD; SHRUM, 2011).

São ainda exemplos de normas e modelos de processos de software, o Information Technology Infrastructure Library (ITIL) e o Control Objectives for Information and related Technology (CobIT) (IT GOVERNANCE INSTITUTE, 2005).

Vários autores já analisaram o estado da arte no que diz respeito aos modelos de processo de software. Um desses estudos diz respeito à revisão sistemática da literatura feita em Von Wangenheim et al. (2010) sobre modelos de processos de software, com base nos princípios de gestão de processo e de engenharia, e considerando o conceito de capacidade e/ou maturidade de processo. O objetivo do referido trabalho foi proporcionar uma visão geral sobre os modelos de capacidade/maturidade de processo de software existentes; os domínios para os quais eles foram desenvolvidos e os modelos de origem a partir do quais outros modelos foram desenvolvidos. A pergunta de pesquisa tratada foi a seguinte: “quais modelos de capacidade/maturidade de processo de software foram desenvolvidos, expandidos, adaptados ou harmonizados?”. Os resultados encontrados mostram que embora exista uma grande variedade de modelos, a maior parte deles (96%) estão baseados no CMM/CMMI e/ou na norma ISO/IEC 15504, como fonte de referência (VON WANGENHEIM et al., 2010).

3.1.2 Capability Maturity Model Integration for Development v1.3

O CMMI-DEV é um modelo para a melhoria de processos e é uma coleção de melhores práticas que endereçam atividades de desenvolvimento e manutenção do ciclo de vida do produto, desde a sua criação até a sua implantação e posterior manutenção (CHRISISS; KONRAD; SHRUM, 2011). O modelo foi criado devido à uma necessidade do departamento de defesa americano (*Department of Defense - DoD*). O DoD tratava com fornecedores que não estavam entregando projetos de software com qualidade e então iniciou uma parceria com a Carnegie Mellon University. Como resultado desta colaboração, o Software Engineering Institute (SEI) foi criado com o objetivo de pesquisar e desenvolver *frameworks*, modelos e boas práticas para software. A ideia era que os fornecedores do DoD seguissem essas práticas e ficassem aderentes aos modelos criados, reduzindo assim os riscos da baixa qualidade no fornecimento de software para o DoD.

O primeiro resultado desta iniciativa foi o modelo Capability Maturity Model for Software (CMM) (WEBER, CURTIS (ED.) CHRISISS, 1995), que tempos depois, evoluiu para o CMMI e posteriormente foi chamado de CMMI-DEV, em virtude do surgimento das demais constelações *CMMI for Acquisition* (CMMI PRODUCT TEAM, 2010) e *CMMI for Services* (FORRESTER; BUTEAU; SHRUM, 2011).

Na representação *staged*, os modelos CMMI trazem o conceito de nível de maturidade. Um nível de maturidade trata-se de um patamar de melhoria. Atinge-se pela implantação, de forma bem-sucedida, de práticas de um conjunto predeterminado de áreas de processos. Estes níveis, uma vez alcançados por uma organização, a levarão progressivamente a resultados mais efetivos em termos de qualidade, custos e prazos. Os modelos CMMI contemplam cinco níveis de maturidade (considerando a representação *staged*). Suas principais características são apresentadas no Quadro 07, a seguir.

Quadro 07 - Níveis de maturidade

Nível de Maturidade	Características	Descrição
Nível 1: Inicial	Processo <i>ad hoc</i> e caótico.	Neste nível, geralmente a organização não tem um ambiente estável e o sucesso dos projetos depende do "heroísmo" e competência dos funcionários.
Nível 2: Gerenciado	Requisitos e projetos são gerenciados	Há um processo para gerenciar os projetos, que inclui o controle de produtos de trabalho, análise de medições assim como planejamento e monitoramento de atividades.
Nível 3: Definido	Processo bem entendido,	Os processos estão formalmente descritos e o uso de padrões,

	definido e padronizado para a organização	procedimentos, ferramentas e métodos está institucionalizado. Processos de engenharia também são enfatizados neste nível.
Nível 4: Gerenciado Quantitativamente	Gestão quantitativa	Alguns processos são selecionados para que possam ser estatisticamente e quantitativamente controlados e gerenciados. Causas especiais de variação do processo são identificadas e tratadas.
Nível 5: Otimização	Melhoria contínua	Os processos são continuamente melhorados por meio de ações incrementais e inovações. Há foco na análise de causas comuns de variação.

Exceto o nível 1-Inicial, cada um dos demais níveis de maturidade possuem áreas de processo (PA – *Process Areas*) que descrevem metas, práticas e resultados que devem ser evidenciados a fim de se atingir o respectivo nível de maturidade. Os níveis de maturidade são acumulativos. Por exemplo, para atingir o nível 3, uma organização deve satisfazer as áreas de processo tanto do nível 2 como do nível 3 de maturidade. Considerando todos os cinco níveis de maturidade, há um total de 22 áreas de processos, distribuídas conforme o Quadro 08.

Quadro 08 – Áreas de processo do CMMI-DEV v1.3

Nível / Categoria	Gestão de Projeto	Gestão de Processo	Engenharia	Suporte
5	Gestão do Desempenho da Organização (OPM)			Análise e Resolução de Causas (CAR)
4	Gestão Quantitativa de Projeto (QPM)	Desempenho dos Processos da Organização (OPP)		
3	Gestão Integrada de Projeto (IPM); Gestão de Riscos (RSKM)	Definição dos Processos da Organização (OPD); Foco nos Processos da Organização (OPF); Treinamento na Organização (OT)	Desenvolvimento de Requisitos (RD); Solução Técnica (TS); Integração de Produto (PI); Verificação (VER); Validação (VAL)	Análise e Tomada de Decisões (DAR)
2	Gestão de Requisitos (REQM); Planejamento de Projeto (PP); Monitoramento e Controle de Projeto (PMC); Gestão de Contrato com Fornecedores (SAM)			Gestão de Configuração (CM); Garantia da Qualidade de Processo e Produto (PPQA); Medição e Análise (MA)

No Quadro 08, pode-se perceber que as 22 áreas de processos estão também divididas em quatro categorias, quais sejam, Gestão de Projeto; Gestão de Processo; Engenharia e Suporte. Cada área de processo é constituída por práticas que são agrupadas em metas. Tanto metas como práticas podem ser específicas e genéricas. Metas específicas (SGs) e práticas específicas (SPs) dizem respeito

unicamente ao tema de uma determinada área de processo. Por exemplo, na área de processo PP-Planejamento de Projeto, as (metas e) práticas específicas dizem respeito às atividades como estabelecer e manter um orçamento e cronograma (PP SP 2.1); identificar e analisar os riscos do projeto (PP SP 2.2) e estabelecer e manter um plano geral do projeto (PP SP 2.7). As metas e práticas genéricas, apresentadas no Quadro 09, são as mesmas para todas as áreas de processos, como o próprio nome sugere. O que muda é a interpretação quando da aplicação de cada prática à uma determinada área de processos.

Quadro 09 - Metas e práticas genéricas do CMMI

Meta Genérica	Prática Genérica	Descrição
GG 1 Achieve Specific Goals		The specific goals of the process area are supported by the process by transforming identifiable input work products into identifiable output work products
	GP 1.1 Perform Specific Practices	Perform the specific practices of the process area to develop work products and provide services to achieve the specific goals of the process area
GG 2 Institutionalize a Managed Process		The process is institutionalized as a managed process
	GP 2.1 Establish an Organizational Policy	Establish and maintain an organizational policy for planning and performing the process
	GP 2.2 Plan the Process	Establish and maintain the plan for performing the process
	GP 2.3 Provide Resources	Provide adequate resources for performing the process, developing the work products, and providing the services of the process
	GP 2.4 Assign Responsibility	Assign responsibility and authority for performing the process, developing the work products, and providing the services of the process
	GP 2.5 Train People	Train the people performing or supporting the process as needed
	GP 2.6 Control Work Products	Place selected work products of the process under appropriate levels of control
	GP 2.7 Identify and Involve Relevant Stakeholders	Identify and involve the relevant stakeholders of the process as planned
	GP 2.8 Monitor and Control the Process	Monitor and control the process against the plan for performing the process and take appropriate corrective action
	GP 2.9 Objectively Evaluate Adherence	Objectively evaluate adherence of the process and selected work products against the process description, standards, and procedures, and address noncompliance
	GP 2.10 Review Status with Higher Level Management	Review the activities, status, and results of the process with higher level management and resolve issues
GG 3 Institutionalize a Defined Process		The process is institutionalized as a defined process

	GP 3.1 Establish a Defined Process	Establish and maintain the description of a defined process
	GP 3.2 Collect Process Related Experiences	Collect process related experiences derived from planning and performing the process to support the future use and improvement of the organization's processes and process assets

3.1.3 Avaliações de processos de software

Na literatura, há várias definições para o termo avaliação de processos. Conforme visto anteriormente, Chrissis, Konrad e Shrum (2011) definem avaliação de processos como o *exame de um ou mais processos por uma equipe de profissionais treinados, utilizando um modelo de avaliação como base para a determinação de, no mínimo, pontos fortes e fracos*. Já a norma ISO/IEC 15504 define avaliação de processos como *uma avaliação disciplinada dos processos de uma organização em relação a um modelo de referência* (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION AND INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2003-2012). Adicionalmente, Rout et al. (2007) definem avaliação de processos como sendo o *exame disciplinado dos processos utilizados por uma organização em relação a um conjunto de critérios para determinar a capacidade desses processos em desempenhar dentro dos objetivos de qualidade, custo e cronograma*.

Em outras palavras, avaliações de processos são feitas para entender a capacidade ou a maturidade dos processos atuais de uma unidade organizacional. Elas classificam a maturidade da organização em relação a um modelo de referência. Uma linha comum é a comparação das características de um processo corrente em relação a um modelo de processo estruturado, permitindo uma classificação de maturidade ou capacidade.

Avaliações de processos possuem os seguintes objetivos: a) suportar, habilitar e encorajar o comprometimento de uma organização para a melhoria de processos, e b) fornecer uma visão dos pontos fortes e fracos dos processos da organização (IBRAHIM; HIRMANPOUR, 1995). Avaliações do processo podem ocorrer de várias formas. Eles devem atender às necessidades e objetivos da organização. Resultados de avaliação podem ser utilizados para: a) planejar uma estratégia de melhoria para a organização; b) obter um nível de maturidade ou de capacidade; c) apoiar aquisições ou decisões em relação a parceiros de negócios, ou d) mitigar riscos de aquisição, desenvolvimento e monitoramento de produto.

Existem muitos tipos possíveis de avaliações, com diferentes objetivos, usos, métodos e ferramentas de suporte (IBRAHIM; HIRMANPOUR, 1995). As características do método de avaliação podem variar, incluindo duração e esforço, composição da equipe de avaliação, bem como o método e a profundidade de investigação (CHRISSIS; KONRAD; SHRUM, 2011).

Segundo o método SCAMPI, avaliações de processos dependem de uma agregação de informações que são coletadas via tipos definidos de evidência objetiva. Evidências objetivas são artefatos ou afirmações utilizados como indicadores da implementação ou institucionalização das práticas de um modelo (CMMI INSTITUTE, 2014). A equipe de avaliação observa, ouve ou lê as informações que são transformadas em notas, e em seguida, em caracterizações de conformidade ou lacunas de implementação de práticas e, posteriormente, em resultados preliminares. Tais resultados são validados pela unidade organizacional antes de se tornarem conclusões finais. O conceito fundamental é que estas transformações são aplicadas aos dados que refletem o modelo de referência e os processos executados na unidade organizacional, e esse conjunto de dados forma a base para os resultados da avaliação.

A extensão na qual uma evidência objetiva é considerada adequada para determinar que um dado componente do modelo está implementado (ou não implementado) irá variar de acordo com o contexto no qual o processo é aplicado, e é influenciado por fatores tais como tamanho, cultura organizacional, domínio de aplicação, mercado, e assim por diante (CMMI INSTITUTE, 2014).

Em uma avaliação de processos, de forma geral, a coleta e análise de dados são feitas a partir dos seguintes tipos de evidências objetivas:

1 – Artefatos: evidência objetiva tangível, indicativa do trabalho que está sendo realizado, que representa a saída primária de uma prática do modelo ou uma consequência da implementação de uma prática do modelo (CMMI INSTITUTE, 2014). Esses artefatos podem incluir políticas organizacionais, atas de reuniões, registros, relatórios, ou outros produtos de trabalho. Para verificar a implementação de práticas, são necessários artefatos suficientes que demonstrem e confirmem que o trabalho está sendo feito. Tal verificação é feita mediante a técnica de revisão de documentos, que é a revisão, pelos avaliadores, dos artefatos resultantes da execução dos processos e visa avaliar a adequação dos artefatos às boas práticas previstas no modelo de referência sendo considerado.

2 – Afirmações: declarações orais ou escritas, fornecidas pelos executores da prática, que confirmem ou apoiem a implementação (ou falta de implementação) de uma prática do modelo (CMMI INSTITUTE, 2014). São obtidas através de um fórum interativo em que a equipe de avaliação tem o controle sobre a interação. Exemplos de afirmações orais incluem respostas de entrevistas, apresentações e demonstrações de ferramenta ou outro mecanismo relacionado com a execução de uma prática do modelo, desde que estas apresentações e demonstrações sejam fornecidas em um ambiente interativo. Exemplos de afirmações escritas incluem declarações escritas fornecidas pelos executores da prática para a equipe de avaliação através de um fórum interativo em que a equipe de avaliação tem a capacidade de fazer perguntas oralmente ou por escrito. Materiais de apresentação e demonstração fornecidos em um ambiente interativo para a equipe de avaliação também podem ser afirmações escritas se elas não são saídas de um processo da organização, caso em que poderiam ser então, artefatos.

Afirmações são normalmente coletadas por meio de uma variedade de técnicas, incluindo entrevistas, apresentações, demonstrações, questionários ou outros meios.

2.1 – Entrevistas: uma entrevista consiste em uma reunião dos membros da equipe de avaliação com os participantes da avaliação para fins de coleta de informação relativa aos processos de trabalho vigentes, embora possa envolver também a corroboração de informações identificadas na revisão de documentos. Em uma avaliação, isso inclui a interação face-a-face com aqueles que implementam ou usam os processos dentro da unidade organizacional. Entrevistas são normalmente realizadas com diversos grupos ou indivíduos, tais como os líderes de projeto, gerentes e profissionais. Normalmente apenas uma amostra de pessoas da organização é entrevistada. Roteiros de entrevista ou perguntas exploratórias podem ser desenvolvidos para se obter as informações necessárias.

2.2 – Apresentações: em uma avaliação de processos, uma apresentação é uma fonte de evidências objetivas, que inclui informações preparadas pela organização e entregues visualmente ou verbalmente à equipe de avaliação para auxiliar na compreensão dos processos organizacionais e na compreensão da implementação de práticas do modelo de referência (CMMI INSTITUTE, 2014).

As apresentações podem ser usadas como um fórum interativo flexível, onde os membros da organização executora do trabalho podem explicar informações importantes sobre as práticas implementadas na organização.

2.3 – Demonstrações: técnica de coleta de informações onde há uma apresentação aos avaliadores, pelos próprios executores, de atividades e artefatos resultantes diretamente nas ferramentas de trabalho (por exemplo, nos sistemas de informação) usadas no dia a dia da execução dos processos.

2.4 – Questionários: um questionário é um conjunto de perguntas a serem respondidas por uma amostra de pessoas da organização e que é normalmente aplicado previamente ao período presencial da avaliação em si. Tem o propósito de obter informações preliminares sobre a execução e maturidade dos processos da organização sendo avaliada.

3.1.4 Métodos de avaliação de processos

Um método de avaliação contempla as atividades que devem ser feitas a fim de se realizar uma avaliação de processo. Há muitos métodos que são utilizados, a maioria deles adaptado às necessidades das organizações avaliadas (IBRAHIM; HIRMANPOUR, 1995). Como exemplo de um método tem-se o método de avaliação Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI), o qual é utilizado para identificar pontos fortes, pontos fracos e classificações em relação aos modelos de referência CMMI (CMMI INSTITUTE, 2014).

Além do método SCAMPI, apresentado a seguir, é possível destacar os seguintes métodos de avaliação: os baseados na norma ISO/IEC 15504-2 e o método *Capability Determination Method for eSourcing Capability Models* (ITSQC, 2006) usados para avaliar os modelos eSCM-SP e eSCM-CL.

3.1.5 Método SCAMPI v1.3b

O método de avaliação SCAMPI é usado para identificar os pontos fortes e fracos em relação aos modelos de referência CMMI. Ele incorpora as melhores práticas reconhecidas como sucesso na comunidade de avaliações e baseia-se nas características de vários métodos anteriores. O método SCAMPI v1.3b satisfaz o *ARC-Appraisal Requirements for CMMI v1.3* (CMMI Upgrade Team, 2011) para cada classe de métodos de avaliação definidos em tal documento.

A ideia fundamental por trás das avaliações SCAMPI, assim como em outras avaliações similares, é que a condução de uma atividade ou processo resulta em “pegadas” chamadas evidências objetivas, as quais fundamentam que o trabalho está sendo feito de acordo com os componentes do modelo de referência. Por exemplo, a criação de um artefato, tal como um documento, é geralmente um resultado esperado, proveniente da implementação de um componente do modelo.

O método SCAMPI consiste de fases, processos e atividades. A seguir é apresentada uma visão geral do método SCAMPI, considerando suas 4 fases.

Fase 1: Planejar e preparar a avaliação. O planejamento de uma avaliação começa com a compreensão dos objetivos, requisitos e restrições do patrocinador da avaliação. O escopo da organização a ser avaliada assim como o escopo do modelo de referência devem ser definidos e acordados. Antes do início da fase “conduzir avaliação”, os membros da organização avaliada normalmente coletam e organizam evidências objetivas documentadas, utilizando estratégias de coleta de dados definidas com base nos artefatos disponíveis na organização e alinhados com o modelo de referência. Preparação prévia tanto pela equipe de avaliação como pela organização avaliada é a chave para a execução mais eficiente do método SCAMPI (CMMI INSTITUTE, 2014). A análise preliminar de evidências objetivas documentadas, fornecidas pela organização avaliada, desempenha um papel importante na preparação para a execução da avaliação. Se dados significativos estão faltando neste momento, as atividades subsequentes da avaliação podem ser adiadas ou mesmo canceladas se um julgamento for feito de que continuar as atividades da avaliação, não será suficiente para compensar a deficiência das evidências disponíveis.

Fase 2: Conduzir a Avaliação. Nesta fase, a equipe de avaliação se foca na coleta de dados da organização sendo avaliada para julgar o quanto o modelo está implementado. Crucial para esta abordagem é o conceito de cobertura, o qual implica em duas questões: primeiro, a coleta de dados suficientes para cada componente do modelo no escopo do modelo escolhido pelo patrocinador e, segundo, a obtenção de uma amostra representativa dos processos vigentes. O escopo organizacional é definido com base no entendimento das implementações de processo no escopo de avaliação, com o objetivo de otimizar o esforço para a coleta e análise de evidências objetivas. Isso significa que a coleta de dados e de informações sobre todos os componentes do modelo de referência no escopo da

avaliação é feita através de instâncias de processos selecionadas dentro da unidade organizacional que está sendo avaliada. Equipes de avaliação comparam a evidência objetiva coletada em relação ao componente correspondente no modelo de referência, fazendo julgamentos sobre o quanto os componentes do modelo estão ou não implementados. Ao determinar que cobertura suficiente do modelo de referência e da unidade organizacional foi obtida, os resultados da avaliação podem ser gerados.

Fase 3: Reportar Resultados: nesta fase, a equipe de avaliação fornece os resultados da avaliação ao patrocinador da avaliação e à organização. Um pacote completo de dados de avaliação, o qual inclui um subconjunto do conteúdo dos registros de avaliação, é fornecido para o CMMI *Institute* (anteriormente SEI-Software Engineering Institute). O *CMMI Institute* adiciona os dados da avaliação nas bases de dados, e publica perfis gerais da adoção dos modelos CMMI.

Fase 4: Plano de Ação Re-avaliação: na fase 4, se a avaliação resultou em uma ou mais metas classificadas como "não satisfeita" ou "não classificada", a organização tem a opção de resolver os pontos fracos que impactaram a meta em um plano de ação e dentro de quatro meses re-avaliar tal plano de ação, de maneira a obter resultados de classificação atualizados.

A seguir, é feita uma discussão específica sobre os aspectos de coleta e análise de dados no método SCAMPI v1.3b.

3.1.5.1 Coleta e análise de dados

É perceptível quanto o método SCAMPI v1.3b enfatiza o conceito de estratégia de coleta de dados: *“Uma estratégia de coleta de dados bem definida é importante para o planejamento da avaliação, uma vez que ela fornece a base para o planejamento detalhado da coleta de dados e exame das evidências objetivas”* (CMMI INSTITUTE, 2014). O método também recomenda o estabelecimento da estratégia de coleta de dados o mais cedo possível, baseada nos objetivos da avaliação e que ela seja continuamente refinada. No método SCAMPI, a estratégia de coleta de dados define a estruturação em alto nível para a coleta de dados, incluindo:

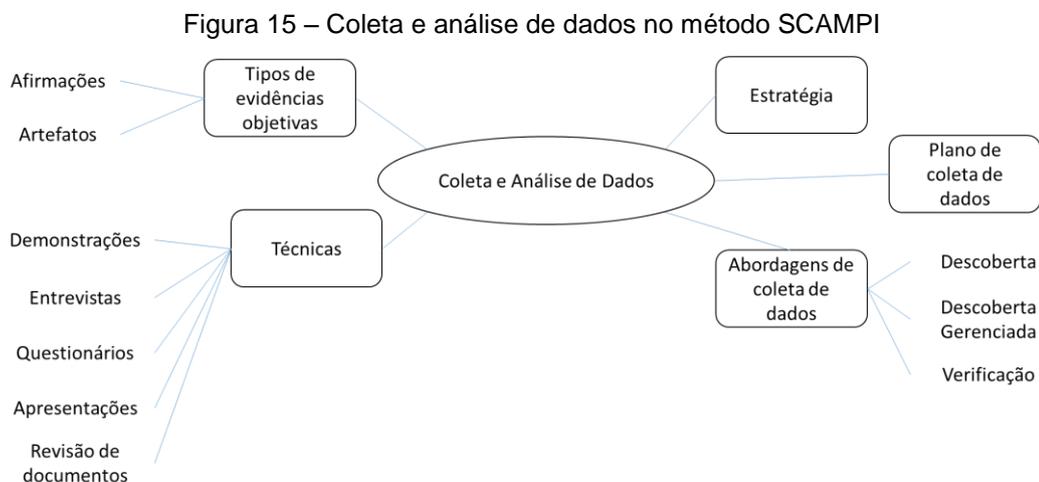
- a) a escolha da abordagem (descoberta, descoberta gerenciada e/ou verificação);

- b) quando os dados serão coletados (se na fase de preparação ou na fase da condução em si);
- c) quais técnicas (revisões de documentos, demonstrações, apresentações, entrevistas e questionários) serão empregadas para ambos os tipos de evidência objetivas, artefatos e afirmações;
- d) responsabilidades para a coleta de dados.

A estratégia de coleta de dados, que visa uma caracterização objetiva do processo em uso pela organização, impacta a avaliação nos seguintes aspectos:

- a) quantidade de tempo e esforço empregados pela organização na preparação para a avaliação;
- b) habilidade da equipe em realizar julgamentos precisos;
- c) a usabilidade e acurácia dos resultados da avaliação;
- d) o custo total da fase presencial da avaliação.

A Figura 15 apresenta um esquema que resume os principais aspectos da coleta e análise de dados discutidos:



Além do conceito de estratégia, o método SCAMPI v1.3b define abordagens para coleta de dados, conforme Figura 15. Atualmente, são três as abordagens:

Avaliação baseada em verificação: Avaliação em que o foco da equipe de avaliação é a verificação do conjunto de evidências objetivas fornecidas antes do período presencial pela organização sendo avaliada, a fim de se reduzir a quantidade de busca e descoberta de evidências objetivas durante o período presencial da avaliação (CMMI INSTITUTE, 2014). Nas organizações onde existem “coleções” detalhadas de artefatos, a maior parte do esforço da equipe de avaliação

se concentra na verificação da adequação dos dados coletados. Esta abordagem aproveita esforços anteriores de coleta de dados pela organização para os seus próprios fins (como normatização, verificação da aderência ao processo, reutilização de produtos, etc), e pode trazer grande eficiência para a equipe de avaliação.

Avaliação baseada em descoberta: Avaliação em que um número limitado de evidências objetivas é fornecido pela organização sendo avaliada, antes do período presencial da avaliação; e durante o período presencial, a equipe de avaliação investiga e descobre a maioria das evidências objetivas necessárias para obter cobertura suficiente das práticas do modelo de referência (CMMI INSTITUTE, 2014). Segundo o CMMI Institute (2014), avaliações baseadas em descoberta normalmente envolvem maior esforço da equipe de avaliação do que avaliações baseadas em verificação, onde a maioria das evidências objetivas são fornecidas previamente pela organização avaliada.

Avaliação baseada em “descoberta gerenciada”: Entende-se por “descoberta gerenciada”, uma abordagem de coleta de dados em fases, iniciando com uma solicitação de um conjunto inicial pré-determinado de dados (artefatos), seguido por um conjunto de solicitações iterativas com base na avaliação, por parte da equipe, dos produtos de trabalho e lacunas remanescentes de evidências (CMMI INSTITUTE, 2014). Ela representa um "meio termo" entre a abordagem "descoberta" e a abordagem "verificação", visto que tenta equilibrar atividades de verificação e de descoberta através de uma coleta gradual de dados que visa mitigar o risco da organização não fornecer os dados necessários ou fornecer dados inadequados. Nesta abordagem, a coleta de dados inicial é focada em um conjunto predeterminado de produtos de trabalho que geralmente oferecem cobertura substancial dos componentes do modelo de referência. Por exemplo, planos, documentos, cronogramas, medições e revisões. A equipe de avaliação mapeia esses artefatos para o modelo de referência e determina o grau em que as lacunas na cobertura do modelo ainda permanecem. Essas lacunas são fechadas mediante obtenção iterativa de mais dados por meio de uma série de solicitações de dados específicos.

A coleta prévia de evidências objetivas documentadas pela organização avaliada, em algum grau, pode ajudar a melhorar a eficiência da equipe de avaliação, mas também pode oferecer vários outros benefícios para a organização:

- a) maior precisão dos resultados da avaliação entregues pelas equipes de avaliação externa;
- b) obtenção de uma compreensão detalhada de como cada parte da organização participante na avaliação implementou práticas do modelo, assim como o grau de conformidade com os processos padrão da organização;
- c) estabelecimento de ativos resultantes de uma avaliação que podem ser reutilizados em avaliações posteriores, minimizando o esforço necessário de preparação.

Ainda considerando a Figura 15, outro elemento relevante à coleta e análise de dados, no método SCAMPI, é o plano de coleta de dados, o qual é baseado na estratégia de coleta de dados definida. Um plano de coleta de dados, desenvolvido pelo líder da equipe de avaliação em conjunto com a organização avaliada, pode ajudar a tornar explícitas as escolhas sobre o quanto de esforço de coleta de dados distribuir entre a organização e a equipe de avaliação. O plano ajuda também a documentar e comunicar as definições gerais sobre a coleta de dados para a avaliação. O plano de coleta de dados deve evoluir e ser revisto à medida que a avaliação é planejada e executada.

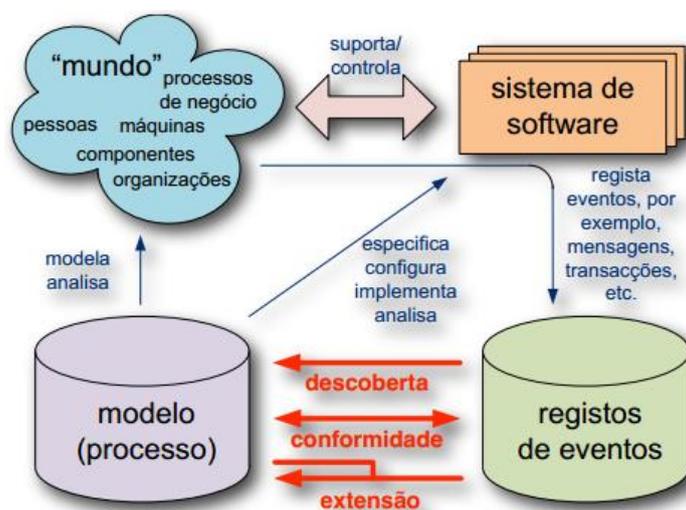
Em geral, um plano de coleta de dados inclui:

- a) documentação da estratégia de coleta de dados;
- b) identificação dos participantes envolvidos nas atividades referentes às afirmações (ex: entrevistas);
- c) atribuição das áreas de processo aos membros de equipe;
- d) cronograma e critério de sucesso para as revisões de prontidão (*readiness reviews*);
- e) abordagem para se utilizar avaliações anteriores para coleta de dados e/ou revisões de prontidão;
- f) um resumo das evidências objetivas iniciais fornecidas pela organização;
- g) identificação das necessidades de dados prioritárias;
- h) cronograma para atividades de coleta de afirmações;
- i) questões iniciais para as entrevistas;
- j) identificação dos artefatos necessários após a condução das revisões de prontidão;
- k) riscos associados com a insuficiência de dados e inadequação do cronograma.

3.2 MINERAÇÃO DE PROCESSOS

Mineração de processos é uma técnica de análise de processos que se baseia em registros (*logs*) de eventos (RINDERLE-MA; VAN DER AALST, 2007). A ideia da mineração de processo é descobrir, monitorar e melhorar processos de negócio reais mediante a extração de conhecimento a partir de registros de eventos que estão prontamente disponíveis nos sistemas de software atuais (ver Figura 16) (VAN DER AALST et al., 2010).

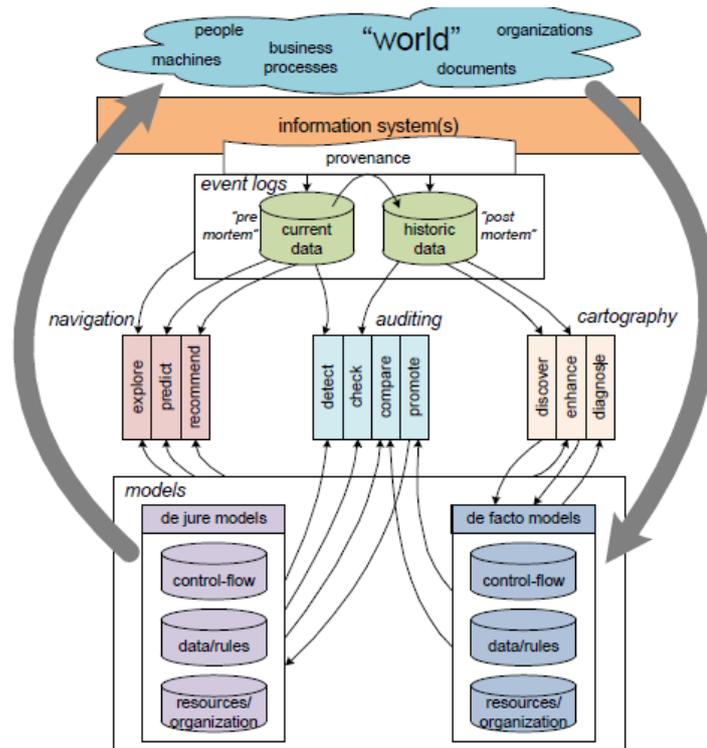
Figura 16 – Visão geral da mineração de processos



Fonte: traduzida de (VAN DER AALST et al., 2012)

Em uma visão mais recente, Van der Aalst (2011) descreve um "framework refinado de mineração de processos" (ver Figura 17), e comenta que a mineração de processos pode ser feita tanto *on-line* ou *off-line*, e que existem dois tipos de modelos de processos, "de jure" e "de facto". A mineração de processos *on-line* considera dados *pré-mortem* e a mineração de processos *off-line*, por outro lado, considera dados históricos, ou *post-mortem*. Um modelo "de jure" especifica como as coisas devem ser feitas e um modelo "de facto" tem o objetivo de captar a realidade atual (VAN DER AALST, 2011).

Figura 17 – framework refinado de mineração de processos



Fonte: (VAN DER AALST et al., 2012)

Dados de eventos *post-mortem* referem-se à informações sobre *cases* completados. Tais dados podem ser utilizados para auditoria e melhoria do processo, mas não para influenciar os *cases* a que eles se referem. Dados de evento *pré-mortem* referem-se aos *cases* que ainda não foram concluídos. Se um caso ainda está em execução, então pode ser possível que as informações no *log* de eventos sobre este *case* (ou seja, dados atuais) possam ser exploradas para garantir o tratamento adequado deste *case*. Dados de eventos *post-mortem* são mais relevantes para a mineração de processos *offline*. Por exemplo, para descobrir o fluxo de controle de um processo com base em um ano de dados de eventos. Para a mineração de processos *on-line*, um misto de dados *pré-mortem* (atuais) e *post-mortem* (dados históricos) são necessários.

A Figura 17 mostra a estrutura de mineração de processos descrito no Manifesto de Mineração de Processos (VAN DER AALST et al., 2012). A parte superior do diagrama mostra um “mundo” externo que consiste em processos de negócios, pessoas e organizações apoiadas por algum sistema de informação. O sistema de informação registra dados sobre “tal mundo” de tal forma que logs de eventos podem ser extraídos. Proveniência (*provenance*) de processos de negócios

se refere ao conjunto de atividades necessárias para assegurar que a história, como capturada em logs de eventos, "não possa ser reescrita " de tal forma que ela pode servir como uma base confiável para auditoria e melhoria de processos (VAN DER AALST, 2011). O termo proveniência utilizado enfatiza o registro sistemático, viável e confiável de eventos. O termo provém da computação científica, e se refere aos dados que são necessários para ser capaz de reproduzir um experimento. Proveniência de processos de negócios visa coletar sistematicamente as informações necessárias para reconstruir o que realmente aconteceu em um processo ou organização. Quando as organizações baseiam suas decisões em dados de eventos é essencial garantir que estes descrevem bem a história, aponta o Manifesto (VAN DER AALST et al., 2012).

No *framework* refinado de mineração de processos, dez atividades relacionadas à mineração de processos são agrupadas em três categorias: cartografia, auditoria e navegação.

Cartografia pode ser vista como “mapas” que descrevem os processos das organizações. É constituída de três atividades:

- a) descobrir (*discover*): extrair modelos de processo *de facto* a partir de logs de eventos;
- b) melhorar (*enhance*): aprimorar ou reparar modelos existentes a partir de *log* de eventos relacionados a tais modelos;
- c) diagnosticar (*diagnose*): concentra-se na análise tradicional (i.e. sem usar diretamente *log* de eventos) de processo baseada em modelo.

As atividades de auditoria são usadas para verificar se os processos de negócios são executados dentro de certos limites. Diz respeito à comparação de comportamentos, colocando-se dois modelos ou um modelo e um *log* de eventos lado a lado. Contempla quatro atividades:

- a) detectar (*detect*): comparar modelos “*de jure*” com dados atuais para detectar desvios em tempo real de execução;
- b) verificar (*check*): checar dados históricos em relação a modelos “*de jure*”, ou à regras de negócio, para apontar desvios e quantificar o grau de conformidade;
- c) comparar (*compare*): comparar modelos “*de facto*” com modelos “*de jure*” para identificar diferenças;

d) promover (*promote*): promover partes de um modelo descritivo *de facto* para um novo modelo prescritivo *de jure*.

Já as atividades da categoria navegação são diferentes das atividades de cartografia e auditoria pois possui caracter preditivo. Contempla três atividades:

- a) explorar (*explore*): combinar dados de eventos e modelos para explorar os processos de negócio em tempo real de execução;
- b) prever (*predict*): combinar informações sobre a execução de *cases* com modelos para fazer previsões sobre o futuro dos *cases*;
- c) recomendar (*recommend*): utilizar previsões para recomendar ações apropriadas.

Segundo Van der Aalst et al. (2012) o ponto de partida para a mineração de processos é um conjunto de registros de eventos (*log*). Van Dongen e Van der Aalst (2005) apontam as características de um *log* de eventos:

- a) Cada entrada em um *log* de eventos deve ser um evento que aconteceu em um determinado ponto no tempo. Estes pontos no tempo são os *timestamps* e são gravados para refletir o início e o fim de cada atividade;
- b) Cada entrada no *log* de eventos deve se referir a somente uma atividade, e cada atividade é identificada unicamente;
- c) Uma atividade é executada por uma única pessoa ou sistema, chamada *executor*, que também deve ser identificado e gravado. Informações adicionais, chamados atributos, também pode ser gravados;
- d) Cada entrada no *log* de evento deve conter uma descrição do evento que aconteceu a respeito da atividade. Por exemplo, se a atividade iniciou ou finalizou;
- e) Cada entrada no *log* de evento deve ser referente a uma instância específica do processo, chamada *case*;
- f) Cada instância de processo deve pertencer a um processo específico.

A mineração de processos trabalha com algumas perspectivas, sendo as seguintes as principais (VAN DER AALST, 2011):

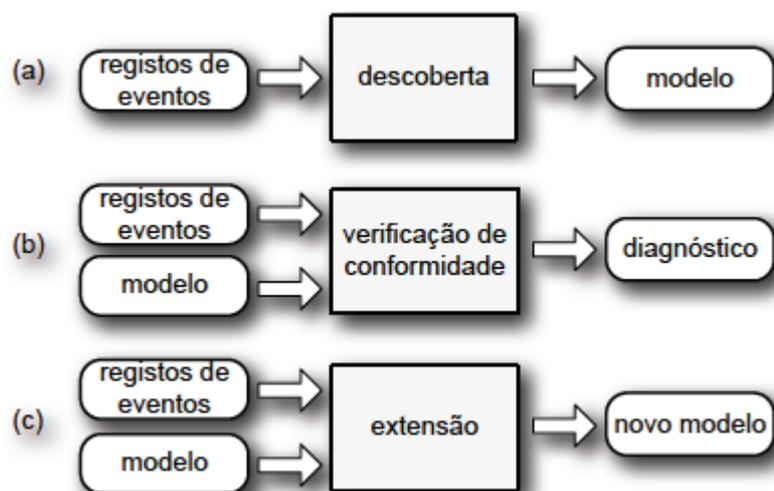
- a) A perspectiva *control-flow*, a qual se concentra no processo e na ordenação das atividades. O propósito desta perspectiva é encontrar uma boa caracterização de todos os caminhos possíveis, por exemplo, expressando-os em termos de uma rede de Petri ou alguma outra notação, tal como o *Business Process Model Notation* (BPMN).

- b) A perspectiva organizacional foca em informações sobre os recursos presentes no log, ou seja, quais atores (pessoas, sistemas, funções ou departamentos) estão envolvidos e como eles se relacionam. O propósito é estruturar a organização por meio da classificação de pessoas em termos de funções e unidades organizacionais ou para mostrar sua rede social.
- c) A perspectiva dos dados (ou de cases) concentra-se nas propriedades dos cases. Um case pode ser caracterizado pelo caminho no processo ou pelos “atores” que trabalham nele. No entanto, cases pode também ser caracterizados pelos valores dos seus elementos de dados. Por exemplo, se um case representa um pedido de reposição, pode ser interessante conhecer o fornecedor ou o número de produtos encomendados.
- d) A perspectiva de tempo está preocupada com o momento e a frequência dos eventos. Quando os eventos registram *timestamps* é possível identificar gargalos, medir os níveis de serviço, monitorar a utilização dos recursos, e prever o tempo restante dos cases em execução.

3.2.1 Tipos de mineração de processos

São esses os três principais tipos de mineração de processo, apresentados na Figura 18:

Figura 18 – Tipos de mineração de processos



Fonte: traduzida de (VAN DER AALST et al., 2012)

- **Descoberta de Processo:** A partir de um *log* de eventos, um modelo de processo é identificado. Van der Aalst et al. (2012) ressalta que para muitas organizações é surpreendente o fato de ser possível descobrir processos reais apenas com base em comportamentos registrados em logs de eventos.

- **Verificação de Conformidade:** um modelo de processo existente é comparado com um *log* de eventos do mesmo processo. A comparação mostra onde o processo real desvia-se do processo modelado. Além disso, Van der Aalst e Dustdar (2012) salientam que é possível quantificar o nível de conformidade e as diferenças podem ser diagnosticadas. Verificação de conformidade pode ser usada para verificar se o processo tal como descrito nos registros de eventos está em conformidade com os modelos e vice-versa (ver Figura 18). Van der Aalst et al. (2012) destacam que diferentes tipos de modelos podem ser considerados: modelos processuais, modelos organizacionais, modelos de processo declarativos, regras de negócio, leis, etc.

- **Extensão (ou *enhancement*):** Um modelo de processo é aprimorado usando informações extraídas de um *log*. Enquanto a verificação de conformidade determina o posicionamento entre o modelo e a realidade, este terceiro tipo de mineração de processos tem como objetivo complementar ou aperfeiçoar o modelo fornecido à priori (ver Figura 18). Por exemplo, usando os *timestamps* dos registros de eventos, é possível “enriquecer” o modelo de modo a que informação sobre níveis de serviço, tempos de execução e frequências seja também considerada para análise (VAN DER AALST et al., 2012).

3.2.1.1 Verificação de conformidade

Embora a mineração de processos possa ser usada para descobrir um modelo de processo com base em um determinado *log* de eventos, modelos de processos explícitos que descrevem como um processo de negócio deveria ser executado (i.e. modelos *de jure*) normalmente existem nas organizações. Esta situação levanta a seguinte questão "O modelo normativo e o *log* estão em conformidade um com o outro?". Analisar a diferença entre um modelo normativo e o mundo real ajuda a detectar desvios.

Existem técnicas de mineração de processos que permitem verificar se a execução dos processos está correta. Uma dessas técnicas é a verificação de conformidade (*conformance checking*), que toma um registro e um modelo de

processo, por exemplo, uma rede Petri, como entrada (ROZINAT; VAN DER AALST, 2008). Essencialmente, conformidade é assegurar que os processos de negócio, operações e práticas estão de acordo com um conjunto de regras prescritas ou acordadas (SADIQ; GOVERNATORI; NAMIRI, 2007). Van der Aalst e Verbeek (2012) indicam que importância da conformidade aumentou significativamente ao longo dos últimos anos em empresas de vários segmentos. O objetivo da verificação de conformidade consiste em analisar o grau em que a execução do processo corresponde a um determinado modelo normativo de processo. Além disso, a verificação da conformidade pode apontar as partes do processo em que o *log* não está em conformidade.

Van der Aalst e Verbeek (2012) comentam que verificação de conformidade pode ser feita por vários motivos. Pode ser utilizada, por exemplo, para verificar se a realidade está de acordo com modelos normativos ou descritivos. Desvios podem indicar fraude, ineficiências e procedimentos mal projetados ou desatualizados.

Segundo Van der Aalst (2011), conformidade pode ser vista de dois ângulos: a) o modelo não captura o comportamento real ("o modelo está errado") e b) a realidade se afasta do modelo desejado ("*log* de eventos está errado"). O primeiro ponto de vista diz respeito a um modelo descritivo (modelo *de facto*), ou seja, aquele que captura ou prediz a realidade. O segundo ponto de vista diz respeito a um modelo normativo (modelo *de jure*), ou seja, aquele usado para influenciar ou controlar a realidade.

Os modelos *de jure* descrevem a situação desejada ou situação oficial, enquanto os modelos *de facto* são derivados por meio da técnica de descoberta de processo, a partir dos dados de *log* de eventos, e assim, descrevem o comportamento real observado (VAN DER AALST, 2011). Ambos os modelos *de jure* e *de facto* contemplam modelos de processos com tarefas e a ordenação delas, dados de atributos de tarefas, e os dados organizacionais como executores e seus papéis.

É possível comparar os modelos *de jure* e modelos *de facto* e analisar as diferenças e semelhanças. Por exemplo, se um modelo de processo *de facto* obtido utilizando descoberta de processo mostra caminhos que não são possíveis de acordo com o modelo *de jure*, então isso serve como um bom ponto de partida para uma análise mais detalhada. Adicionalmente, é possível promover um modelo *de facto* para se tornar um modelo *de jure*. Se a comparação mostra que o modo real

de trabalho não é consistente com o modelo pré-existente, este pode ser um motivo para atualizar o modelo *de jure*. Se alguém encontra uma maneira melhor de executar um processo, então esta maneira pode ser adotada como a "nova forma de se trabalhar."

Van der Aalst et al. (2011) propõem no artigo *Conceptual model for on line auditing* um *framework* para o que eles chamam de "auditoria 2.0". Um dos componentes desse *framework* é o verificador de conformidade (*conformance checker*). Ele verifica se os dados referentes à execução estão em conformidade com os modelos *de jure* e regras de negócios *de jure*. Isto inclui tanto o comportamento do processo (fluxo de controle), como também o fluxo de dados, autorizações e regras de negócio (VAN DER AALST et al., 2012).

Segundo Munoz-Gama, Carmona e Van der Aalst (2013), apesar da sua importância, poucos algoritmos de verificação de conformidade existem na literatura. O trabalho de Rozinat et al. foi o primeiro na formalização do problema e determinou medições para a avaliação da adequação de um *log* a um modelo: *fitness*, precisão, generalização e simplicidade (MUNOZ-GAMA; CARMONA; VAN DER AALST, 2013). *Fitness* mede o grau em que os *traces* do *log* podem ser associados com os caminhos de execução válidos especificados pelo modelo de processo. Precisão mede o grau em que o modelo do processo descreve o comportamento observado, combinado com o grau de clareza da representação deste modelo. Generalização, mede a extensão na qual o modelo resultante será capaz de reproduzir o comportamento futuro do processo. E Simplicidade, quantifica a complexidade do modelo.

Outra técnica pertinente à verificação de conformidade é *LTL Checking*, que analisa o *log* para verificar conformidade com restrições específicas, especificadas por meio de fórmulas de lógica linear-temporal (VAN DER AALST; BEER; DONGEN, 2005). Tal técnica pode ser usada onde não há um modelo de processo completo a priori, mas apenas um conjunto de requisitos, como por exemplo, regras de negócio.

3.2.1.2 Regras de negócio

As organizações executam processos de negócio para alcançar seus objetivos. Estes processos de negócios precisam ser executados dentro de certos limites. Tais limites são definidos por requisitos provenientes de diferentes fontes. Alguns requisitos são impostos pela lei e pelas autoridades, outros pelos acionistas

(VAN DER AALST et al., 2011). Esses requisitos devem ser representados em uma notação formal e estruturada chamada regras de negócio, as quais são normalmente declaradas primeiramente em sentenças semi-formais (RAMEZANI et al., 2012). As sentenças são então formalizadas, por exemplo, em uma lógica apropriada, como a lógica temporal ou lógica de predicados.

Para assegurar que um processo está em conformidade com um determinado requisito, sua formalização tem que ser implementada de uma forma que permita detectar se uma execução viola alguma regra (RAMEZANI et al., 2012).

Ramezani et al. (2012) argumentam que podem ser identificados cinco tipos de atividades associadas à esta necessidade de conformidade:

- a) elicitación da conformidade: determinar as restrições que precisam ser satisfeitas (ou seja, as regras que definem os limites do comportamento conforme);
- b) formalização da conformidade: formular precisamente os requisitos de conformidade derivados de leis e regulamentos identificados;
- c) implementação da conformidade: implementar e configurar sistemas de informação de maneira que cumpram os requisitos de conformidade;
- d) verificação da conformidade: investigar se as restrições serão atendidas ou foram cumpridas;
- e) melhorar a conformidade: modificar os processos e sistemas com base nas informações de diagnóstico, a fim de aprimorar a conformidade.

Uma vez que as regras são expressas em lógica de predicados, elas podem ser traduzidas em consultas. As consultas são executadas em um banco de dados. Se o resultado da consulta é um conjunto vazio, nenhuma regra foi violada. Se uma regra for violada, um relatório de exceção é gerado contendo as violações. Este relatório de exceção precisa ser analisado pela gerência ou analistas e pode levar a uma ação corretiva ou à conclusão de que a situação deveria ser permitida (VAN DER AALST et al., 2011).

Regras de negócios também são exemplos de modelos *de jure* e de modelos *de facto*. Uma vez que os modelos *de jure* descrevem o comportamento desejado ou oficial, regras de negócio de modelos *de jure* não devem ser violadas, enquanto que as regras de negócio de modelos *de facto* podem ser descobertas nos dados de log de eventos.

Segundo Ramezani et al. (2012), abordagens de verificação de conformidade existentes possuem dois problemas principais. Primeiramente, a eliciação de regras de conformidade não é bem estruturada. Usuários finais precisam mapear regras de conformidade em expressões usando lógica temporal ou incorporando as regras em um modelo de processo Petri-net (ou similar). Adicionalmente, as técnicas de verificação existentes podem descobrir violações, mas não fornecem diagnósticos úteis. Verificações baseadas em Lógica Temporal Linear (LTL) irão classificar um *trace* como não-conforme mas sem fornecer detalhes e descartam a parte remanescente do *trace* quando o primeiro desvio é detectado. Visando tratar essas limitações, Ramezani et al. (2012) fornecem um coleção abrangente de regras associadas com (fluxo de) processos identificando 55 regras distribuídas em 15 categorias.

O Quadro 10 enumera 15 categorias e 55 regras que contemplam a perspectiva de *control-flow* (RAMEZANI; FAHLAND; VAN DER AALST, 2012).

Quadro 10 – Categorias de regras de negócio

Categoria	Número de regras	Descrição
Existência (existence)	2	Limita a ocorrência ou ausência para um determinado evento A em um escopo.
Existência Limitada (bounded existence)	6	Limita o número de vezes que um determinado evento A deve ou não ocorrer em um escopo.
Sequência Limitada (bounded sequence)	5	Limita o número de vezes que uma dada sequência de eventos deve ou não ocorrer em um escopo.
Paralelo (parallel)	1	Um conjunto específico de eventos deve ocorrer em paralelo em um escopo.
Precedência (precedence)	10	Limita a ocorrência de um determinado evento A precedente a um determinado evento B.
Cadeia de Precedência (precedence chain)	4	Limita a ocorrência de uma sequência de eventos A_1, \dots, A_n precedente a uma sequência de eventos B_1, \dots, B_n .
Resposta (response)	10	Limita a ocorrência de um dado evento B em resposta a um dado evento A.
Cadeia de respostas (chain response)	4	Limita a ocorrência de uma sequência de eventos B_1, \dots, B_n em resposta à uma sequência de eventos A_1, \dots, A_n .
Entre (between)	7	Limita a ocorrência de um determinado evento B entre uma sequência de eventos A e C.
Exclusivo (exclusive)	1	Presença de um determinado evento A obriga a ausência de um evento B.
Mutuamente exclusivo (mutual exclusive)	1	Um determinado evento A ou evento B deve existir mas não os dois ou nenhum.
Inclusivo (inclusive)	1	Presença de um determinado evento A obriga que o evento B também esteja presente.
Pré-requisito (prerequisite)	1	Ausência de um determinado evento A obriga que o evento B também esteja ausente.

Substituto (substituto)	1	Um determinado evento B substitui a ausência do evento A.
Co-requisito (corequisite)	1	Eventos A e B devem existir juntos ou estarem ausentes juntos.

Quanto aos algoritmos de mineração de processos, devido ao ritmo da amplitude e profundidade da pesquisa em relação ao desenvolvimento dos mesmos, uma revisão verdadeiramente detalhada e abrangente de todos os algoritmos de mineração de processos existentes é provavelmente impossível, e certamente vai além do escopo desta tese. Sendo assim, no Quadro 11 são apresentados os principais algoritmos de mineração existentes, os quais são os mais prováveis de serem utilizados em avaliações de processos, em especial os algoritmos de descoberta de processos e de verificação de conformidade.

Quadro 11 - Algoritmos de mineração

Algoritmo	Resultado	Técnica
<i>Alpha miner</i>	Petri Net	Descoberta de processos
<i>Alpha++ miner</i>	Petri Net	
<i>Evolutionary Tree Miner</i>	Process Tree	
<i>Fuzzy miner</i>	Fuzzy Model	
<i>Genetic Miner</i>	Heuristic Net	
<i>Heuristic miner</i>	Heuristic Net	
<i>ILP miner</i>	Petri Net	
<i>Inductive Miner</i>	Petri Net or Process Tree	
<i>Multi-phase</i>	Event-driven Process Chain (EPC)	
<i>Organizational Miner</i>	Organizational Model	
<i>Role Hierarchy Miner</i>	Role Hierarchy Model	
<i>Social Network Miner</i>	Similar-Task/ Handover-of-Work/ Subcontracting/ Working Together/ Reassignment	
<i>Transition System Miner</i>	Transition System	
<i>Conformance Checker</i>	Relatório em relação a quanto o log reflete o modelo e identificação das discrepâncias	Verificação de conformidade
<i>Graph Matching Analysis</i>	Relatório apresentando as diferenças entre dois modelos de processos	
<i>Differences Analysis</i>		
<i>Footprint Similarity</i>		
<i>LTL Checker</i>	Relatório em relação se certas propriedades (i.e. regras de negócio) estão presentes em um log.	Verificação de conformidade (baseada em regras de negócio)
<i>SCIFF Checker</i>		

3.2.2 Projeto de Mineração de Processos

Segundo Van Eck et al., (2015) um projeto de mineração de processos é um forma de como a mineração de processos pode ser aplicada para se obter resultados como melhorar o desempenho de processos ou verificar (e aprimorar) a

conformidade com regras e regulamentações. Van der Aalst (2011) defende que existem basicamente três tipos de projetos de mineração de processos:

- a) Orientado a dados. É um projeto de mineração de processos baseado na disponibilidade de dados de eventos. Tal projeto tem um caráter exploratório, ou seja, não há uma questão ou objetivo concreto. No entanto, espera-se que informações valiosas irão surgir da análise de dados de eventos;
- b) Orientado à questões. É um projeto de mineração de processos que visa responder à perguntas específicas, como por exemplo, "Por que os casos tratados pela equipe X demoram mais do que os casos tratados pela equipe Y?" ou "Por que há mais desvios nos fins de semana?". Para organizações sem muita experiência em mineração de processos, Van der Aalst (2011) recomenda começar com um projeto orientado à questões, uma vez que questões concretas ajudam a definir a abrangência do projeto e guiar os esforços de extração de dados;
- c) Orientado à metas. Um projeto de mineração de processos visa melhorar um processo no que diz respeito a indicadores específicos, como por exemplo, redução de custos ou melhores tempos de ciclo.

Van der Aalst (2011) argumenta que já foram propostos, por acadêmicos e consórcios de fornecedores e usuários, vários modelos que descrevem o ciclo de vida de um projeto típico de mineração de dados ou de inteligência de negócios. Por exemplo, a metodologia *CRoss-Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM) apresenta um ciclo de vida que consiste em seis fases: a) compreensão do negócio, b) entendimento dos dados, c) preparação de dados, d) modelagem, e) avaliação, e f) implementação. Já a metodologia *Sample, Explore, Modify, Model and Assess* (SEMMA), consiste de cinco fases: a) amostragem, b) exploração, c) modificação, d) modelagem, e e) avaliação. Segundo Van der Aalst (2011) ambas as metodologias são de nível muito alto e fornecem pouca ajuda. Além disso, argumenta que tais metodologias não são adaptadas para projetos de mineração de processos. Diante disso, Van der Aalst (2011) propõe o modelo de ciclo de vida L*. Este modelo prevê cinco estágios: a) 0-planejar e justificar, b) 1-Extrair c) 2-Criar o modelo de fluxo de controle e conectar *log* de Eventos, d) 3-Criar Modelo de Processo Integrado, e e) 4-Suporte operacional. A seguir são apresentadas as características de cada estágio:

- Estágio 0: Planejar e justificar. Como qualquer projeto, um projeto de mineração de processos precisa ser planejado com cuidado, o que inclui também a identificação dos benefícios que podem resultar do projeto. Além disso, deve-se identificar as atividades que precisam ser planejadas e agendadas antes de se iniciar o projeto; os recursos a serem alocados; os *milestones*; e como o progresso será continuamente monitorado.
- Estágio 1: Extrair. Após o início do projeto, dados de eventos, modelos, objetivos e questões precisam ser extraídos de sistemas, especialistas, e da gestão. Caso o projeto de mineração seja orientado à metas ou à questões, estas são identificadas nesta fase, por meio de entrevistas com as partes interessadas (por exemplo, especialistas de domínio, usuários finais, clientes e a gerência).
- Estágio 2: Criar o modelo de *control-flow* e conectar *log* de eventos. O estágio 2 do ciclo de vida L* tem por objetivo determinar o modelo de *control-flow de facto* do processo que está sendo analisado. O modelo de processo pode ser descoberto, usando-se as técnicas de descoberta de processos. No entanto, se já existe um bom modelo de processo, este pode ser verificado através de verificação de conformidade (atividade de mineração de processos “verificar”) ou avaliado em relação ao modelo descoberto (atividade de mineração de processos “comparar”). É possível, ainda, mesclar o modelo previamente existente e o modelo descoberto (atividade de mineração “promover”). Ao se completar o estágio 2, tem-se um modelo de fluxo de controle conectado ao *log* de eventos, ou seja, os eventos no *log* se relacionam à atividades no modelo. Esta conexão é crucial para os estágios subsequentes. Se o *fitness* entre o modelo e o *log* é baixo (por exemplo, abaixo de 0,8), então não é recomendado avançar para o estágio 3.
- Estágio 3: Criar Modelo de Processo Integrado. O modelo é aprimorado pela adição de novas perspectivas para o modelo de fluxo de controle: por exemplo, a perspectiva organizacional, a perspectiva dos *cases*, e a perspectiva de tempo. O resultado é um modelo de processo integrado que pode ser utilizado para vários fins, como por exemplo, o modelo pode ser inspecionado diretamente para melhor compreender o processo tal como ele é ou para identificar “gargalos”. Pode ser usado também para

responder à questões selecionadas e tomar as ações apropriadas (atividades redesign, ajustar ou intervir). Além disso, o modelo de processo integrado também é a entrada para o estágio 4.

- Estágio 4: Suporte operacional. O estágio 4 está relacionado com as atividades de mineração de processos detectar (detect), prever (predict) e recomendar (recommend). Por exemplo é possível prever o tempo remanescente para cases em andamento. Além disso, o resultado não precisa ser interpretado por analistas de mineração de processo e pode ser disponibilizada para usuários finais. Por exemplo, um desvio pode resultar no envio de um email automático para o gerente responsável. Recomendações e previsões são apresentadas para as pessoas atuando nos cases correspondentes.

Apesar do estabelecimento deste ciclo de vida L*, para Van der Heijden (2012) e Van Eck et al., (2015) ele não se demonstra adequado, em virtude de que, assim como outras quatro metodologias estudadas, apresenta deficiências em ser uma abordagem geral para todos os tipos de projetos de mineração de processos.

Diante disso, foram propostas duas metodologias, as quais coincidentemente possuem o mesmo título: Process Mining Project Methodology. A primeira objetiva ser uma metodologia que é apropriada para descoberta, monitoramento e melhoria de processos usando mineração de processos (VAN DER HEIJDEN, 2012). A segunda, foi projetada para auxiliar projetos de mineração de processos que visam melhorar a performance de processos ou a conformidade com regras e regulamentações (VAN ECK et al., 2015).

As duas metodologias contemplam 6 fases/estágios e 18 atividades, conforme Quadro 12, o qual apresenta também um mapeamento bidirecional entre as duas metodologias. Por meio do mapeamento feito, é possível notar a forte semelhança entre as duas metodologias, sendo que apenas três atividades são exclusivas à uma metodologia ou outra, e estão indicadas por “_” no Quadro 12.

Quadro 12 - Metodologias para projetos de mineração de processos

Process Mining Project Methodology (PMPM)			Mapeamento		Process Mining Project Methodology (PM2)		
#	Fase	Atividade	PMPM -> PM2	PM2 -> PMPM	#	Estágio	Atividade
1	Scoping	Identify the process and gather basic knowledge	1-A,F	A-1,4,6	A	Planning	Selecting business processes
2	Scoping	Determine the objectives of the project mining project	2-B	B-2	B	Planning	Identifying research questions
3	Scoping	Determine the required	3-_	C-_	C	Planning	Composing

		tools and techniques					project team
4	Data Understanding	Locate the required data in the system's logs	4-A	D-7	D	Extraction	Determining scope
5	Data Understanding	Explore the data in the system's logs	5-F	E-8	E	Extraction	Extracting event data
6	Data Understanding	Verify the data in the system's logs	6-A	F-1,5,10	F	Extraction	Transferring process knowledge
7	Event log creation	Select the dataset in terms of event context, timeframe and aspects	7-D	G-9	G	Data Processing	Creating views
8	Event log creation	Extract the set of required data	8-E	H-9,11	H	Data Processing	Aggregating events
9	Event log creation	Prepare the extracted dataset, by cleaning, constructing, merging and formatting the data.	9-G,H,I	I-9,11	I	Data Processing	Enriching logs
10	Process Mining	Get familiar with the log by gathering statistics	10-F	J-11	J	Data Processing	Filtering logs
11	Process Mining	Make sure that the process contained in the event log is structured enough to apply the required process mining techniques	11-J,H	K-12	K	Mining and Analysis	Process Discovery
12	Process Mining	Apply process mining techniques to answer business questions	12-K,L,M,N	L-12	L	Mining and Analysis	Conformance Checking
13	Evaluation	Verify the modelled work	13-P	M-12	M	Mining and Analysis	Enhancement
14	Evaluation	Validate the modelled work	14-P	N-12	N	Mining and Analysis	Process Analytics
15	Evaluation	Accreditate the modelled work	15-O	O-15,16	O	Evaluation	Diagnose
16	Evaluation	Decide on an elaboration of the process mining project	16-O,R	P-13,14	P	Evaluation	Verify & Validate
17	Deployment	Identify if and how the process can be improved by improvement actions	17-Q	Q-17	Q	Process Improvement and Support	Implementing improvements
18	Deployment	Present the project results to the organization	18-__	R-16	R	Process Improvement and Support	Supporting operations

A seguir é apresentada a revisão de literatura referente à integração dos dois grandes temas: mineração de processos e avaliação de processos de software.

3.3 INTEGRAÇÃO “AVALIAÇÃO DE PROCESSOS DE SOFTWARE E MINERAÇÃO DE PROCESSOS”

A integração dos temas “mineração de processos” e “avaliação de processos de software”, não é necessariamente inédita. Alguns (poucos) trabalhos já propuseram a aplicação da mineração de processos no contexto de software: Rubin et al. (2007) desenvolveram um framework de mineração de processo para processos de software onde diferentes aspectos da mineração de processos foram abordados, tais como a perspectiva de *control-flow* (que captura a ordem em que as atividades são executadas), a perspectiva dos *cases* (que captura dados, documentos e as informações necessários ou produzidos em um case) e a

perspectiva organizacional (que identifica as pessoas ou papéis que executam uma determinada atividade).

Nos trabalhos de Rubin et al. (2007) e de Samalikova (SAMALIKOVA, 2012) são apresentados alguns algoritmos possíveis de serem aplicados, tais como *Alpha algorithm*; *Multi-phase miner*; *Heuristics Miner*; *Conformance Checking algorithm*; *LTL (Linear-Temporal Logic) Checking*; *Social Network Miner* e *Organizational Miner*. Entretanto, os autores concluem também que ainda faltam algoritmos para gerar modelos formais para processos de software. Samalikova (2012) argumenta que em ambientes de desenvolvimento de software, registros obtidos a partir de ferramentas de apoio ao desenvolvimento de software, tais como sistema de gerenciamento de configuração, ferramentas de desenvolvimento, etc, são usados para gerar o modelo do processo sendo praticado. Este modelo pode ser analisado, verificado e posteriormente otimizado e gerenciado. Em outras palavras, a mineração de processos pode ser usada não apenas para descobrir, mas também para monitorar e melhorar processos reais de software usando dados obtidos de repositórios (SAMALIKOVA, 2012).

Na tentativa de se encontrar mais trabalhos que integrem os dois temas, uma revisão sistemática de literatura foi conduzida, conforme estabelecido no passo metodológico 3-Revisão da literatura. A seguir são apresentados os resultados e as considerações referentes à condução de cada tarefa da revisão sistemática da literatura.

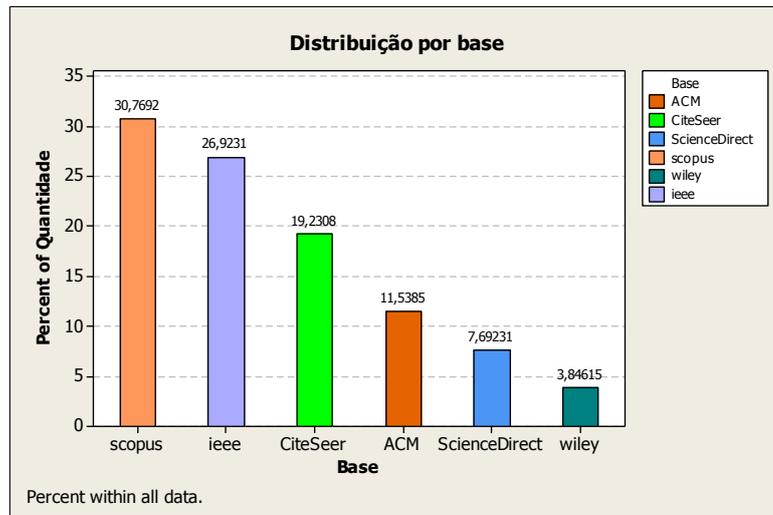
Na tarefa “Desenvolver um protocolo de revisão sistemática de literatura”, em virtude dos primeiros testes feitos onde nenhum trabalho seria selecionado, fez-se necessário flexibilizar os critérios de seleção para o seguinte: “*serão selecionadas apenas publicações “peer-reviewed”, em journals ou conference proceedings, em inglês, que apresentem aplicação de mineração de processos em processos de software*”. O checklist proposto foi aplicado nos 6 trabalhos selecionados (de um total de 26) mas em virtude da flexibilização dos critérios de seleção alguns itens do checklist nem sempre foram respondidos para os trabalhos selecionados, tal como: 1.3.3- o trabalho explicita quais técnicas de mineração e quais métodos de avaliação de processo foram considerados?. Na tarefa “definir a(s) pergunta(s) de pesquisa”, a pergunta de pesquisa foi mantida. Na tarefa “especificar o que será feito para resolver o problema de um único pesquisador aplicar os critérios de inclusão/exclusão e realizar toda a extração de dados”, foi conduzida a reavaliação

de uma amostra aleatória de trabalhos. A nova classificação mostrou-se consistente com a classificação original. Na tarefa “definir a estratégia de busca”, foram utilizados os termos de busca planejados. A busca foi feita de maneira a encontrar os termos em qualquer posição no texto, a fim de maximizar os resultados encontrados. Ainda que a busca resultou em trabalhos onde os termos foram encontrados, por exemplo, nas referências, não houve uma quantidade expressiva de resultados. Na tarefa “definir os dados a serem extraídos de cada estudo primário, incluindo dados qualitativos”, para os 6 trabalhos selecionados, alguns dados planejados nem sempre puderam ser extraídos pois em alguns trabalhos tais informações não existiam, sobretudo para os seguintes dados: técnica(s) de mineração de processos aplicada(s); resultados qualitativos alcançados; e limitações. Na tarefa “manter listas de estudos incluídos e excluídos”, a lista completa é parte do apêndice B deste documento. Na tarefa “síntese de dados”, os algoritmos de mineração de processos utilizados nos 6 artigos selecionados foram os seguintes: *Alpha algorithm*; *Dotted Chart Analysis*; *Algoritmo Alpha adaptado*, *Microsoft Sequence Clustering algorithm*; *Heuristic Miner*; *Fuzzy Miner* e *Genetic Algorithm*; Em nenhum dos trabalhos selecionados foram explicitados quais os métodos de avaliação de processos utilizados. Este resultado era esperado a partir do momento que o critério de seleção dos trabalhos foi flexibilizado, ou seja, os trabalhos selecionados não mais necessitavam apresentar a aplicação de técnicas de mineração em métodos de avaliação de processos de software.

Na tarefa Reporte, a divulgação dos resultados foi feita conforme descrito a seguir: Foram selecionados 6 dos 26 trabalhos encontrados na busca nas seis bases, o que representa 23,1% do total de trabalhos. Os trabalhos não selecionados totalizam 20, representando 76,9% do total de trabalhos.

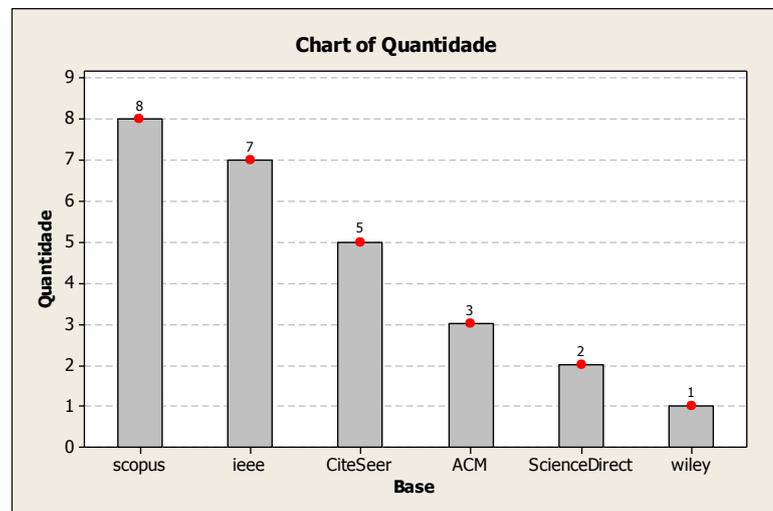
No Gráfico 01 pode-se perceber que as bases Scopus (30,77%) e IEEE (29,92%) somadas concentram a maioria (57,68%) das publicações encontradas na busca realizada. As demais bases apresentaram 19,23%, 11,54%, 7,7% e 3,85%, e são CiteSeer, ACM, ScienceDirect e Wiley, respectivamente.

Gráfico 01 – Distribuição por base



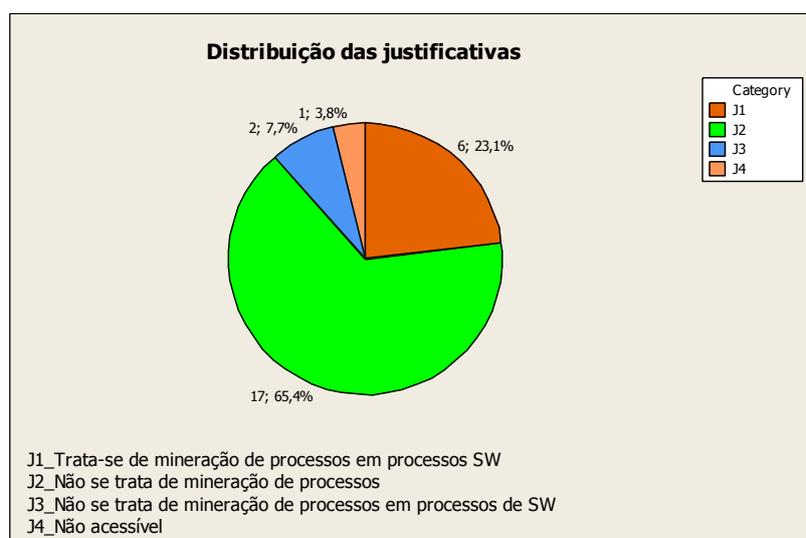
No Gráfico 02 pode-se perceber que a quantidade de publicações por base, resultante da busca, não é grande, sendo 8, 7, 5, 3, 2 e 1 para as bases Scopus, IEEE, CiteSeer, ACM, ScienceDirect e Wiley, respectivamente.

Gráfico 02 – Quantidade de trabalhos por base



No Gráfico 03 pode-se perceber que a justificativa 2- “Não se trata de mineração de processos” concentra a maior parte das justificativas com 65,4% das justificativas. A justificativa 1- “Trata-se de mineração de processos em processos de SW” representa 23,1% das justificativas. Na terceira posição, a justificativa 3- “Não se trata de mineração de processos em processos de SW” representa 7,7% das justificativa, e finalmente a justifica 4-“Não acessível” representa apenas 3,8% das justificativas.

Gráfico 03 – Distribuição das justificativas



Em virtude do resultado pouco expressivo (i.e. apenas 6 trabalhos selecionados) foi feita uma busca adicional no Google Scholar pelos mesmos termos. A busca típica do Google Scholar não é restrita a artigos “peer-reviewed”, podendo trazer como resultados, trabalhos como dissertações de mestrado, tese de doutorado, livros e outros.

Neste sentido, foram encontrados mais alguns trabalhos pertinentes aos dois temas de pesquisa:

a) O primeiro deles é a tese de doutorado de Jana Samalíková Kapustová, com o título *Process Mining Application in Software Process Assessment* (SAMALIKOVA, 2012). O objetivo do trabalho era promover o uso da mineração de processos na avaliação e melhoria dos processos de software a partir da própria avaliação da adequação deste uso e da definição de abordagens para tal. A conclusão alcançada foi de que técnicas de coleta de informações derivadas da mineração de processo de software podem ser aplicadas para melhorar a coleta de informações nas avaliações de processo de software (SAMALIKOVA, 2012). Entretanto, o escopo da investigação ficou restrito às práticas genéricas do CMMI. Também não foram indicadas nominalmente quais tipos e técnicas de mineração de processos devem ser usados.

b) Outro trabalho encontrado foi a dissertação de mestrado de Jordi Riera Cruañas, com o título *Process Mining Opportunities for CMMI Assessments* (RIERA CRUAÑAS, 2012). O objetivo era investigar a literatura referente às ferramentas de suporte para áreas de processo do CMMI visando descobrir se é possível o uso de

mineração de processos para melhorar a avaliação dessas áreas-chave de processo e, por extensão, a avaliação do modelo CMMI em geral. A conclusão alcançada é que a mineração de processo não só pode ajudar a melhorar a forma atual das avaliações CMMI, mas também pode ser uma ferramenta útil para ajudar na coleta dos dados (RIERA CRUAÑAS, 2012). Entretanto, as conclusões foram baseadas na generalização das técnicas de mineração de processos e das quatro perspectivas de mineração de processos. Não foram desenvolvidos critérios objetivos para julgar se a mineração de processos auxilia ou não no método de avaliação. Além disso, nenhuma técnica de mineração de processos em particular foi apontada.

c) por fim, o artigo chamado “Conformance checking of software development processes through process mining” (LEMOS et al., 2011). O artigo visava completar a lacuna entre a mineração de processos e a engenharia de software por meio da demonstração de como explorar técnicas de mineração de processos para conduzir análise de conformidade e avaliar se o processo de desenvolvimento de software foi seguido. Os autores argumentam que, embora outros trabalhos exploraram técnicas de mineração para analisar conformidade de processos de negócio de uma forma geral, não era de conhecimento deles nenhum estudo que aplicasse a mineração de processos para verificar a conformidade de processos de desenvolvimento de software. Os autores concentraram-se na perspectiva de control-flow por meio da aplicação do algoritmo de mineração de processo “sequence clustering analysis plug-in” em um log real de eventos de uma fábrica de software. Tal algoritmo gera uma cadeia de Markov refletindo as probabilidades de transições entre atividades presentes no log de eventos. Os resultados demonstraram altos índices de não aderência ao processo estabelecido assim como as sequências de processos mais seguidas. Embora válido, o estudo ficou restrito a um único algoritmo sem estabelecer uma guia para aplicar outros algoritmos, ou contemplar as demais perspectivas de mineração de processos.

Como conclusão final a respeito dos resultados da revisão sistemática de literatura, pode-se dizer que embora existam trabalhos que descrevam a aplicação da mineração de processo nas avaliações de processo de software, tal aplicação ainda é bastante incipiente, e claramente há uma lacuna em termos de um método formal para guiar avaliadores sobre quais, como, onde, quando, e porque aplicar técnicas de mineração de processos em avaliações SCAMPI. Diante disso, justifica-se o desenvolvimento desta tese.

Nesta seção foi apresentada a revisão da literatura que embasa esta tese e as justificativas para escolha dos temas e conteúdos. Também foram apresentados os resultados específicos da revisão sistemática da literatura que visava encontrar trabalhos que integrassem os temas “mineração de processos” e “avaliações de processos de software”.

Na seção a seguir será apresentado o desenvolvimento do método proposto.

4. DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO

O desenvolvimento do método é descrito nesta seção, a qual é dividida considerando os passos metodológicos 4-Elaboração do “Process Mining Extension to SCAMPI” e 5-Condução do *running example*. Para cada um desses passos, é descrito tanto a condução do processo do passo como os resultados alcançados (i.e. conteúdo). Esta estruturação é mostrada no Quadro 13.

Quadro 13 – Desenvolvimento do método segundo os passos metodológicos

Passo	Conteúdo	Processo	Objetivos específicos
Passo 4-Elaboração do “Process Mining Extension to SCAMPI”	O conteúdo resultante deste passo, ou seja, o próprio Process Mining Extension to SCAMPI é apresentado no apêndice F.	Nesta seção secundária, é apresentada a condução do processo referente ao desenvolvimento do método proposto.	OE 4
Passo 5-Condução do <i>running example</i>	O resultado associado à condução do <i>running example</i> é descrito nesta seção secundária.	Nesta seção secundária, é apresentada a condução do processo referente ao <i>running example</i> , ou seja, o “teste unitário” do método proposto.	OE 4

Nota: A rastreabilidade quanto aos objetivos é também apresentada

4.1 ELABORAÇÃO DO “PROCESS MINING EXTENSION TO SCAMPI”

Aqui é apresentada a condução do processo referente ao desenvolvimento do método proposto, assim como o conteúdo resultante em cada tarefa:

Identificar e analisar necessidades, expectativas e restrições para o método proposto. Para esta determinação, faz-se necessário identificar também as limitações do método SCAMPI atual (tarefa 1.1)

Em termos da condução do processo, para a identificação das necessidades, expectativas, restrições e limitações, foram considerados artigos que apresentavam limitações das avaliações de processos, os quais são citados na seção 1, e da própria experiência do pesquisador com avaliações de processos. Foi possível identificar uma lista de limitações. Visando obter uma corroboração desta lista, foi construído e aplicado um questionário junto à avaliadores e especialistas no método SCAMPI. Em termos do conteúdo, no Quadro 14, são apresentadas as limitações elencadas como sendo as mais importantes pelos respondentes (vide apêndice A

para mais detalhes sobre o questionário e resultados). No Quadro 14 também é possível identificar quais características um método de avaliação deve apresentar visando reduzir as limitações. Tais características passaram a ser requisitos para o método proposto.

Quadro 14 – Limitações do método SCAMPI conforme resultados do questionário.

Limitação	Características para um método a ser desenvolvido
Dependência nos avaliadores, suas competências e experiências.	Deve reduzir a dependência nas competências, habilidades e experiências dos avaliadores.
Grande quantidade de tempo, esforço, custo e recursos demandados (em especial nas atividades de coleta e análise de dados)	Deve reduzir a quantidade de esforço e tempo da equipe (em especial nas atividades de coleta e análise de dados).
Subjetividade para analisar dados e para julgar a respeito da implementação das práticas.	Deve reduzir a subjetividade da análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas.
Baixa confiança em relação à seleção da amostra e sua representatividade.	Deve aumentar a confiabilidade em relação à seleção da amostra, seu tamanho e representatividade.

Nesta atividade também foram identificadas, como necessidades do método, as características dele ser viável, utilizável e útil, as quais também passaram a ser requisitos do método proposto.

Caracterizar as abordagens de coleta e análise de informações no método SCAMPI atual (tarefa 1.2)

Os resultados desta tarefa estão descritos na seção 3. A partir de tais resultados, foi percebido que as técnicas de mineração de processos devem estar alinhada às características das abordagens de coleta e análise de informações no método SCAMPI. Neste sentido, tanto a estratégia de coleta de dados como o próprio plano de coleta de dados, devem descrever como a mineração de processos será aplicada na avaliação SCAMPI em questão. Além disso, a mineração de processos, devido à sua característica de utilizar registros documentados (em contraposição à declarações verbais), será aplicada em relação às evidências objetivas do tipo “artefato”, as quais serão chamadas de “evidências objetivas relacionadas à mineração de processos”. Técnicas alternativas de coleta e análise de dados devem ser consideradas, as quais são justamente as técnicas associadas à mineração de processos. Em termos da abordagem de coleta de dados, a mineração de processos está exclusivamente associada à abordagem “verificação”

prevista no método SCAMPI, visto que a geração ou obtenção de elementos associados à mineração de processos, por demandar esforço importante para identificação, seleção, extração, preparação e exportação de dados em ferramentas, tende a ser possível de ser feita somente na fase de planejamento e preparação, para não prejudicar o ritmo das atividades na fase de condução da avaliação. Estas determinações passaram a ser requisitos para o método proposto.

Caracterizar as técnicas de mineração de processos existentes, identificando quais podem ser utilizadas em avaliações SCAMPI (tarefa 1.3)

Os resultados desta tarefa estão descritos na seção 3. A partir de tais resultados, pode ser percebido que a mineração de processos, quando aplicada em um contexto de avaliações SCAMPI, irá utilizar fundamentalmente as técnicas de mineração de processos “descoberta de processo” e a “verificação de conformidade”. A primeira deve-se ao fato de que em uma avaliação SCAMPI procura-se avaliar o processo realmente executado, o qual é capturado por tal técnica. Já a verificação de conformidade será utilizada pois é a principal técnica para avaliar, por exemplo, o quanto o processo que está sendo executado segue o processo definido pela organização ou a práticas CMMI.

Quanto aos tipos de dados demandados, na mesma seção 3, foi possível identificar o *log* como entrada para a técnica “descoberta de processo” e o *log* e os modelos de processos *de facto* e *de jure* para a técnica “verificação de conformidade”.

Em termos de categorias e atividades de mineração de processos, é natural que as atividades “verificar” e “comparar” da categoria “auditoria” sejam mais utilizadas, em virtude da natureza similar destas atividades ao tema avaliação de processos; além da própria atividade “descobrir” da categoria “cartografia”, responsável pela descoberta do processo que está sendo realmente executado.

Quanto às perspectivas de mineração, será feito uso mais intenso das perspectivas *control-flow*, organizacional e de *cases*, em virtude de que as características destas perspectivas se aproximam muito daquilo que é buscado em uma avaliação SCAMPI. Salienta-se que estas identificações passaram a ser requisitos para o método proposto (ver tarefa 1.6).

Caracterizar os elementos “avaliáveis” do modelo CMMI-DEV, identificando quais deles são mais aptos a serem examinados por Mineração de Processos, em uma avaliação SCAMPI (tarefa 1.4)

Nesta tarefa foram identificados quais elementos dos modelos CMMI são “avaliáveis”. O termo avaliável foi utilizado aqui no sentido de refletir elementos do modelo CMMI que são alvos típicos de investigações nas avaliações SCAMPI. Critérios foram definidos para o julgamento de quais técnicas de mineração de processos podem ser empregadas na investigação de cada elemento.

Conforme visto na seção 3, a arquitetura do modelo CMMI é constituída por níveis de maturidade, áreas de processo, metas específicas, metas genéricas, práticas específicas e práticas genéricas. Embora existam elementos do CMMI que são requeridos e outros que são esperados, no dia-a-dia de uma avaliação SCAMPI, os avaliadores buscam evidências objetivas que comprovem a execução das práticas, tanto específicas como genéricas.

Visando utilizar a mineração de processos nas avaliações SCAMPI, fez-se necessário identificar quais elementos do modelo CMMI podem, em uma avaliação SCAMPI, ser examinados com o auxílio de técnicas de mineração de processos. Para tal análise, foram considerados como elementos “avaliáveis” do CMMI, as áreas de processo e as práticas, genéricas e específicas.

(Áreas de processos) Visando identificar quais áreas de processos do CMMI-DEV são mais aptas para uma investigação via mineração de processos, foram estabelecidos e aplicados três critérios (com “pesos” iguais), classificados em 1-baixa, 2-média e 3-alta aptidão, resultando no Quadro 15:

- a) a implementação das práticas é feita por meio de um processo padrão organizacional;
- b) a execução de tal processo é suportada por um sistema de informação;
- c) O sistema de informação possui capacidade para exportar dados como registros de eventos.

Decorrente desta combinação de critérios, foi possível estimar a aptidão de uma área de processo, por meio da soma das notas individuais de cada critério. Somas iguais ou superiores a 8 representam alta aptidão; somas entre 5 e 7, média aptidão e somas iguais ou inferiores a 4, baixa aptidão. Salienta-se que o Quadro 15 está em Inglês visto que integrará o método proposto, também em Inglês.

Quadro 15 - Aptidão das áreas de processo do CMMI-DEV à mineração de processos

<i>Process Area</i>	<i>Implementation via a standard organizational process</i>	<i>Execution supported by PAIS-Process-Aware Information System</i>	<i>Event log exportation capability (when data is available)</i>	<i>S u m</i>	<i>Probability of using Process Mining to support examination of this process area specific practices implementation during an appraisal (assuming process area in scope of the appraisal)</i>
CAUSAL ANALYSIS AND RESOLUTION (CAR)	3	3	3	9	High, since the implementation of practices under this process area typically is a consistent organizational process and supported by information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
CONFIGURATION MANAGEMENT (CM)	2	2	2	6	Medium, although the implementation of practices under this process typically requests information systems repositories, the entire configuration management process itself is not typically performed with the support of information system tools.
DECISION ANALYSIS AND RESOLUTION (DAR)	2	1	2	5	Medium, although the implementation of practices under this process could demand information systems to evaluate decision alternatives, the decision-making process as a whole is not typically performed with the support of information system tools.
INTEGRATED PROJECT MANAGEMENT (IPM)	3	1	2	6	Medium, although the implementation of practices under this process could demand information systems to monitor projects (through schedules and measures, for instance), the integrated project management process as a whole is not often performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
MEASUREMENT AND ANALYSIS (MA)	2	1	1	4	Low, although the implementation of practices under this process typically request information systems to collect and analyze measures, the process itself which involves measures definition as well, is not typically performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
ORGANIZATIONAL PROCESS DEFINITION (OPD)	1	1	1	3	Low, although the implementation of practices under this process could demand information systems to accommodate process assets, such as guidelines and other types of documentation, the process itself which involves activities regarding creating and maintaining process assets, is not typically performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
ORGANIZATIONAL PROCESS FOCUS (OPF)	2	1	2	5	Medium, although applicable and pertinent, this process, which involves process improvement opportunities identification, is not typically performed with the support of information system tools.

Process Area	Implementation via a standard organizational process	Execution supported by PAIS-Process-Aware Information System	Event log exportation capability (when data is available)	Probability of using Process Mining to support examination of this process area specific practices implementation during an appraisal (assuming process area in scope of the appraisal)
ORGANIZATIONAL PERFORMANCE MANAGEMENT (OPM)	1	1	2	4 Low, although applicable and pertinent, this process, which involves managing the performance of critical organization's processes, is not typically performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
ORGANIZATIONAL PROCESS PERFORMANCE (OPP)	1	1	2	4 Low, although the implementation of practices under this process could demand information systems to accommodate process assets, such as process baselines and statistical models, the process itself which involves activities regarding creating and maintaining such process assets, is not typically performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
ORGANIZATIONAL TRAINING (OT)	2	2	2	6 Medium, since there are some ERP systems that supports the execution of activities of this process as well as the control of training records. Typically these tools have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
PRODUCT INTEGRATION (PI)	2	1	2	5 Medium, since product integration process is not often performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
PROJECT MONITORING AND CONTROL (PMC)	3	2	2	7 Medium, although there are organizations that develop their own information system to support the project management process itself (i.e., beyond the use of project management tools such as MS-Project), it is not so often in the majority of organizations or they do not have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
PROJECT PLANNING (PP)	3	1	2	6 Medium, although there are organizations that develop their own information system to support the project management process itself (i.e., beyond the use of project management tools such as MS-Project), it is not so often in the majority of organizations or they do not have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
PROCESS AND PRODUCT QUALITY ASSURANCE (PPQA)	3	2	2	7 Medium, since many organizations (not all of them) use information systems to support entire quality assurance process, in special, the portion associated with conducting audits and addressing nonconformance. Some of these systems have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .

Process Area	Implementation via a standard organizational process	Execution supported by PAIS-Process- Aware Information System	Event log exportation capability (when data is available)	S u m	Probability of using Process Mining to support examination of this process area specific practices implementation during an appraisal (assuming process area in scope of the appraisal)
QUANTITATIVE PROJECT MANAGEMENT (QPM)	2	1	2	5	Medium, since quantitative project management process itself, which involves use of statistic analysis of project data, is not typically performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
REQUIREMENTS DEVELOPMENT (RD)	3	2	2	7	Medium, since there are some organizations that use a information system tool to support the requirement development. Some of these systems have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
REQUIREMENTS MANAGEMENT (REQM)	3	3	2	8	High, since many organizations use a information system tool to support the requirement management process. Some of these systems have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
RISK MANAGEMENT (RSKM)	2	1	1	4	Low, since risk management process is not typically performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
SUPPLIER AGREEMENT MANAGEMENT (SAM)	2	1	1	4	Low, since supplier agreement management process is not typically performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
TECHNICAL SOLUTION (TS)	3	2	1	6	Medium, since there are some organizations that use a information system tool to support software design and coding (in the case of a software development). Some of these systems have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
VALIDATION (VAL)	2	2	2	6	Medium, since there are some organizations that use a information system tool to support demonstration, user acceptance testing and other types of validation activities. Some of these systems have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
VERIFICATION (VER)	2	2	2	6	Medium, since there are some organizations that use a information system tool to support technical reviews, testing and other types of verification activities. Some of these systems have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .

Como resultado, tem-se que as áreas de processos mais aptas são CAR e REQM (alta aptidão); seguidas de CM, DAR, IPM, OPF, OT, PI, PMC, PP, PPQA, QPM, RD, TS, VAL, VER (média aptidão) e MA, OPD, OPM, OPP, RSKM, SAM, (baixa aptidão).

(Práticas genéricas) Visando identificar quais práticas genéricas do CMMI são mais aptas para uma investigação via mineração de processos, foram estabelecidos

e aplicados dois critérios (com “pesos” iguais), classificados em 1-baixa, 2-média e 3-alta aptidão, resultando no Quadro 16:

- a) a prática, uma vez aplicada à uma determinada área de processos, resulta em um processo com atividades definidas e geralmente sequenciais;
- b) disponibilidade de dados em formato próximo ao esperado pela mineração de processos.

Decorrente desta combinação de critérios, pode-se estimar a aptidão de cada prática genérica, por meio da soma das notas individuais de cada critério. Somas iguais ou superiores a 4 representam alta aptidão; somas iguais a 3, média aptidão e somas iguais a 2, baixa aptidão. Adicionalmente, para cada elemento CMMI julgado como potencialmente apto foi identificada qual seria a técnica - descoberta de processo, verificação de conformidade ou extensão - e a perspectiva de mineração de processos: *control-flow*, organizacional, de tempo ou de *cases/dados*.

Conforme pode ser observado no Quadro 16, há práticas genéricas do CMMI aptas a serem avaliadas por técnicas de mineração de processos em uma avaliação SCAMPI. Também são apresentadas as perspectivas de mineração de processos associadas. Salienta-se que o Quadro 16 está em Inglês visto que integrará o método proposto, também em Inglês.

Quadro 16 - Aptidão das práticas genéricas do CMMI à mineração de processos

Generic Practice	Statement	Characteristic of a process, when implemented	Data format as expected (when available)?	S u m	How Process Mining might support examination of implementation during an appraisal
GP 1.1 Perform Specific Practices	Perform the specific practices of the process area to develop work products and provide services to achieve the specific goals of the process area.	3	2	5	<p>Technique: Discovery, since actual performed activities could be identified, as well as their order.</p> <p>Conformance, since current execution of processes could be compared with <i>de jure</i> model, model practices and business rules.</p> <p>Perspective: Control-flow perspective since activities being performed and their order could be identified.</p>

Generic Practice	Statement	Characteristic of a process, when implemented	Data format as expected (when available)?	How Process Mining might support examination of implementation during an appraisal
GP 2.1 Establish an Organizational Policy	Establish and maintain an organizational policy for planning and performing the process.	1	3	4 Although this practice mainly addresses the establishment of organizational policies (i.e. documents), in an appraisal, policies are evaluated to verify if they are being followed. Technique: Conformance, since it can check (via business rules) whether policies are being followed. Perspective: Control-flow perspective, since activities being performed (as well their order) could be identified and checked against policies (via business rules). Organizational perspective, since policies could prescribe who should or should not perform an activity. Case/Data perspective, since policies could prescribe criteria or decision points which constrain an activity (e.g. who/when/how). Time perspective, since policies could prescribe situations regarding frequency or duration of activities.
GP 2.2 Plan the Process	Establish and maintain the plan for performing the process.	1	1	2 No major contribution since the practice is typically implemented by artifacts such as a plan and a process description and hence, not the focus of Process Mining capabilities.
GP 2.3 Provide Resources	Provide adequate resources for performing the process, developing the work products, and providing the services of the process.	1	3	4 Although this practice involves other resources than people, there are opportunities to use process mining to obtain details regarding the provision of adequate human resources for performing the work. Technique: Discovery, since it can also discover who is performing the work and with which profile. Conformance, since it can check (via business rules) whether human resources are being adequately provided. Perspective: Organizational perspective, since it typically discover who (and/or profile) is performing the work.

Generic Practice	Statement	Characteristic of a process, when implemented	Data format as expected (when available)?	How Process Mining might support examination of implementation during an appraisal
GP 2.4 Assign Responsibility	Assign responsibility and authority for performing the process, developing the work products, and providing the services of the process.	1	3	4 Although this practice involves assigning responsibilities and authority, there are opportunities to use process mining to obtain details regarding the actual assignment of responsibility and authority for those performing the work. Technique: Discovery, since it can also discover who (and/or profile) is performing the work. Conformance, since it can check (via business rules) whether the work is being performed by the correct assigned human resource. Perspective: Organizational perspective, since it typically discovers who (and/or profile) is performing the work.
GP 2.5 Train People	Train the people performing or supporting the process as needed.	2	1	3 No major contribution since this practice addresses training and hence, not the focus of Process Mining capabilities.
GP 2.6 Control Work Products	Place selected work products of the process under appropriate levels of control.	1	1	2 No major contribution since this addresses version control of work products and hence, not the focus of Process Mining capabilities.
GP 2.7 Identify and Involve Relevant Stakeholders	Identify and involve the relevant stakeholders of the process as planned.	1	3	4 Although this practice also the identification of relevant stakeholders, there are opportunities to use process mining to obtain details regarding the actual involvement of those performing the work and compare them with the planned ones. Technique: Discovery, since it can also discover who (and/or profile) is performing the work. Conformance, since it can check (via business rules) whether the work is being performed by the planned relevant stakeholders. Perspective: Organizational perspective, since it typically discovers who (and/or profile) is performing the work.
GP 2.8 Monitor and Control the Process	Monitor and control the process against the plan for performing the process and take appropriate corrective action.	2	1	3 No major contribution since Process Mining aspects, such as time perspective, could be applied in order to implement this practice, but not to verify it in an appraisal.

Generic Practice	Statement	Characteristic of a process, when implemented	Data format as expected (when available)?	S u m	How Process Mining might support examination of implementation during an appraisal
GP 2.9 Objectively Evaluate Adherence	Objectively evaluate adherence of the process and selected work products against the process description, standards, and procedures, and address noncompliance.	2	2	4	<p>Although this practice also the has a component that are the work products, there are opportunities to use process mining to obtain details regarding the actual process being performed. In this sense, Process Mining might be used to add rigor to the implementation of process quality assurance (perhaps enhancing or replacing manual “audits”), and, hence, be also examined by Process Mining in an appraisal. If this is not the case, benefit of using Process Mining to examine it will be similar to other processes with same characteristics.</p> <p>Technique: Discovery, since actual process being performed could be identified.</p> <p>Conformance, since current execution of processes could be compared with <i>de jure</i> model, model practices and business rules.</p> <p>Perspective: Control-flow perspective since actual processes being performed could be identified.</p> <p>Case/Data perspective since it reflects individual characteristics of each process instance being performed.</p>
GP 2.10 Review Status with Higher Level Management	Review the activities, status, and results of the process with higher level management and resolve issues.	2	1	3	<p>No major contribution since this practice addresses senior management review of results and artifacts, and hence not the focus of Process Mining capabilities.</p>
GP 3.1 Establish a Defined Process	Establish and maintain the description of a defined process.	1	3	4	<p>Although this practice mainly addresses the definition of the process to be followed, there is a component on it regarding the use of the identified process. This use is a relevant aspect verified during appraisals.</p> <p>Technique: Discovery, since it discovers the current process being performed.</p> <p>Conformance, since <i>de facto</i> and <i>de jure</i> models could be compared.</p> <p>Perspective: Control-flow perspective since it reflects aspects (such as which activities and in which order) of processes being currently performed.</p> <p>Case/Data perspective since it reflects individual characteristics of each process instance being performed.</p>

Generic Practice	Statement	Characteristic of a process, when implemented	Data format as expected (when available)?	Su	How Process Mining might support examination of implementation during an appraisal
GP 3.2 Collect Process Related Experiences	Collect process related experiences derived from planning and performing the process to support the future use and improvement of the organization's processes and process assets.	1	1	2	No major contribution since all Process Mining aspects, especially enhancement technique, could be applied in order to implement this practice, but not to verify it in an appraisal.

Como resultado, tem-se que as práticas genéricas mais aptas a serem avaliadas mediante mineração de processos são: GP 1.1-Perform Specific Practices, GP 2.1-Establish an Organizational Policy, GP 2.3-Provide Resources, GP 2.4-Assign Responsibility, GP 2.7-Identify and Involve Relevant Stakeholders, GP 2.9-Objectively Evaluate Adherence e GP3.1-Established a Defined Process, com alta aptidão; seguidas de GP 2.5-Train People, GP 2.8-Monitor and Control the Process e GP 2.10-Review Status with Higher Level Management com média aptidão e GP 2.2-Plan the Process, GP2.6-Control Work Products e GP 3.2-Collect Process Related Experiences com baixa aptidão.

Um estudo com propósito similar foi feito por Samalikova (2014) para práticas genéricas, o qual usou três critérios a) a execução requer processos estruturadamente complexos e/ou envolvem vários recursos?; b) a execução requer processos repetidos frequentemente? e c) a execução requer processos não automatizados?. O estudo concluiu que em princípio, as seguintes práticas genéricas podem ser usadas para coletar evidências objetivas em uma avaliação: GP 1.1-Perform Specific Practices, usando-se a técnica de descoberta de processo e a perspectiva *control-flow* e GP 2.9-Objectively Evaluate Adherence, usando-se a técnica de verificação de conformidade e a perspectiva *control-flow*. A diferença de resultados deve-se à diferença de critérios, sendo que o trabalho aqui proposto apresenta um critério associado a disponibilidade de dados em formato adequado, não previsto por Samalikova (2014).

(Práticas específicas) Um estudo para se avaliar quais práticas específicas dos modelos CMMI seriam passíveis de serem avaliadas mediante mineração de processos se tornaria inviável em virtude da existência de centenas de práticas específicas, além do fato de que o foco da investigação prática (específica) à prática

(específica) em uma avaliação SCAMPI é o artefato (i.e. resultado) gerado pela execução do processo que implementa tal prática na organização. Nesta mesma linha de raciocínio, a execução das práticas específicas é refletida em duas práticas genéricas (GPs), as quais foram classificadas como alta aptidão: GP 1.1-Perform Specific Practices, que requer que as práticas específicas sejam executadas e GP 3.1-Establish a Defined Process, que requer que um processo padrão, ainda que adaptado, seja estabelecido, documentado e seguido em cada instância de processo.

Fazendo-se um ranking de quais elementos do CMMI são os mais aptos a serem investigados mediante mineração de processos, tendo como base as áreas de processos e práticas genéricas, tem-se o resultado apresentado no Quadro 17.

Quadro 17 – Ranking de aptidão

Aptidão	Práticas genéricas	Áreas de Processos
Alta	GP 1.1, GP 2.1, GP 2.3, GP 2.4, GP 2.7, GP 2.9, GP3.1 (54% de todas as GPs)	CAR, REQM (9% de todas as PAs)
Média	GP 2.5, GP 2.8, GP 2.10 (23% de todas as GPs)	CM, DAR, IPM, OPF, OT, PI, PMC, PP, PPQA, QPM, RD, TS, VAL, VER (64% de todas as PAs)
Baixa	GP 2.2, GP2.6, GP 3.2 (23% de todas as GPs)	MA, OPD, OPM, OPP, RSKM, SAM (27% de todas as PAs)

Tal descoberta passa a ser um requisito para o método proposto, embora tenha um caráter mais de recomendação do que de requisito propriamente dito. Por outro lado, é um elemento do método proposto a identificação clara de qual parte do escopo do modelo de referência será investigado com auxílio da mineração de processos.

Caracterizar os elementos “avaliáveis” em uma organização que adota o CMMI, identificando o relacionamento deles com a Mineração de Processos (tarefa 1.5)

Nesta tarefa, obteve-se o seguinte: nas organizações que adotam os modelos CMMI, as práticas (e demais elementos do CMMI) servem como referência para que tais organizações definam seus processos e ativos de processos (i.e. guias, templates, ferramentas, etc). No CMMI, são os chamados “conjunto de processos padrão da organização”. Na mineração de processos, seriam algo como os modelos *de jure*. Uma vez definido o processo padrão, cada instância de processo a ser executada deve adaptar o conjunto de processos padrão da organização para suas

necessidades específicas, e feito isso, seguir tais processos (e outros ativos) naquela instância. No CMMI, o processo adaptado recebe o nome de “processo definido para o projeto”, mesmo quando não há nenhuma adaptação a ser feita. Na mineração de processos, este “processo definido para o projeto” seriam como modelos *de jure*. Note que os modelos *de facto*, neste caso, seriam as próprias execuções dos processos adaptados, a serem “descobertos” mediante a técnica de mineração de processos “descoberta de processo”.

Os processos em uma organização - tanto os padrões como os adaptados - geralmente apresentam, no mínimo, os seguintes elementos: entradas, atividades, saídas, papéis e responsabilidades, entre outros. Além destes, a ordem - incluindo a sequência ou paralelismo das atividades - também é (geralmente) definida, seja textualmente ou representada visualmente.

Durante uma avaliação de processos SCAMPI, o que é realmente avaliado é se as instâncias de processos selecionadas na amostra atendem às práticas do modelo CMMI. Como visto anteriormente, uma prática CMMI refere-se à uma ou mais atividades. Regra geral, as práticas CMMI identificam quais são os artefatos esperados como resultados de tais atividades, apenas de modo informativo. No CMMI, tais artefatos são elementos informativos chamados de “exemplos de produtos de trabalhos”. Algumas práticas, entretanto, trazem de forma explícita o que é esperado em termos do resultado da execução da prática (ex: um plano, um cronograma, etc). As práticas também não citam quais devem ser os papéis responsáveis envolvidos em cada uma dessas atividades, pois cabe à organização que adota o modelo tal identificação. Pode-se então, dizer que uma prática CMMI espera os seguintes elementos: uma (ou mais) atividade e uma (ou mais) saída.

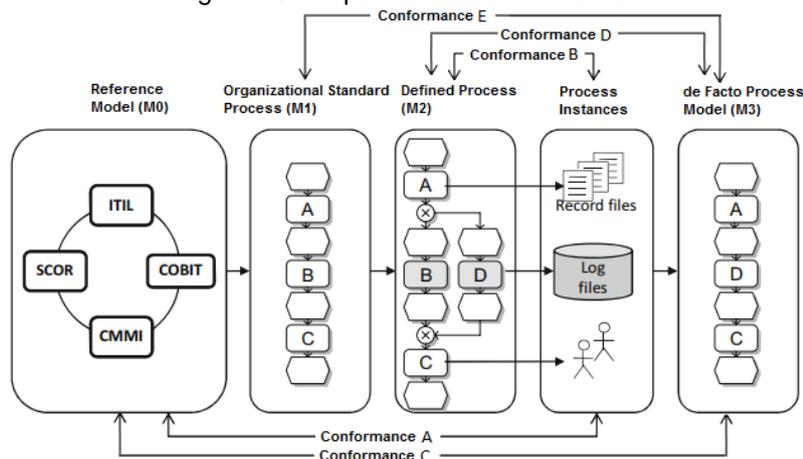
Por outro lado, em uma avaliação de processos SCAMPI, conforme prescrito no método, cada prática CMMI, em cada uma das instâncias de processos selecionadas, deve ser suportada por evidência objetiva do tipo “artefato”, que é o resultado direto da execução da prática. A mineração de processos possui formas de tratar artefatos (i.e. resultados da execução de alguma atividade) quando estes são registrados como dados do tipo atributo. Entretanto, como em uma avaliação SCAMPI estes artefatos devem ser examinados quanto ao conteúdo que os constituem, tais técnicas de mineração de processos não são enfatizadas neste trabalho.

Salienta-se também que em uma avaliação SCAMPI, algumas questões típicas acabam sendo feitas, como por exemplo:

- a) “em que grau as instâncias de processo selecionadas seguiram cada prática do CMMI?” (sendo este o enfoque da investigação da prática GP 1.1, a qual requer a execução das práticas específicas);
 - b) “em que grau as instâncias de processo selecionadas seguiram os processos adaptados para estas instâncias?” (sendo este parte do enfoque da investigação da prática GP 3.1);
 - c) “a sequência, ou paralelismo, da execução das atividades foi respeitada?”;
 - d) “os itens da política organizacional estão sendo atendidos? (sendo este parte do enfoque da investigação da prática GP 2.1);
 - e) “quais são os executores de cada atividade? São os papéis dos executores previstos nos processos da organização?” (sendo este parte do enfoque da investigação da prática GP 2.7);
- (e decorrente da inferência estatística que a amostragem proporciona...)
- f) “qual é o processo realmente executado na organização?”;
 - g) “em que grau os processos executados, de forma geral, seguem as práticas do CMMI?”;
 - h) “em que grau os processos executados, de forma geral, seguem os processos adaptados para as instâncias de processos?”;
 - i) “em que grau os processos executados, de forma geral, seguem o processo padrão da organização?”;

Fez-se necessário compreender qual o relacionamento destas perguntas típicas com os aspectos do modelo CMMI e da mineração de processos. Para isso, tomou-se como base a Figura 19. Considera-se M0 como sendo o modelo de referência selecionado, que neste caso é o CMMI. M1 é o processo padrão da organização construído considerando as práticas do CMMI como referência. M1 é, por definição, um modelo *de jure*. M2 é o processo definido (i.e. adaptado) para cada instância de processo a ser executada. M2 é então, um modelo *de jure*. M3, por sua vez é o processo efetivamente executado, ou seja, é o modelo *de facto*.

Figura 19 - Aspectos de conformidade



Fonte: adaptado de (GERKE; CARDOSO; CLAUS, 2009)

Na Figura 19, pode-se identificar as conformidades previstas, representados por setas de duas pontas.

A conformidade A refere-se à conformidade entre as instâncias de processo representadas pelo *log* de eventos, e o modelo CMMI (M0). Reflete o grau em que a execução das instâncias de processos seguem as práticas do CMMI. Esta é a principal conformidade buscada em uma avaliação SCAMPI e endereça a questão a) “Em que grau as instâncias de processo selecionadas seguiram cada prática do CMMI?”, apresentada anteriormente. Isto envolve a técnica de mineração de processos “verificação de conformidade” e a atividade de mineração de processo “verificar”. A conformidade B diz respeito à conformidade entre as instâncias representadas no *log* de eventos, e o processo adaptado M2. Endereça a questão b) “Em que grau as instâncias de processo selecionadas seguiram os processos adaptados para estas instâncias?”. Também envolve a técnica de mineração de processos “verificação de conformidade” e a atividade de mineração de processos “verificar”. A conformidade C refere-se à conformidade entre o processo realmente executado M3 com as práticas do modelo CMMI (M0), e endereça a questão g) “Em que grau os processos executados, de forma geral, seguem as práticas do CMMI?”. É endereçada pela técnica de mineração de processos “verificação de conformidade” e atividade “verificar”. A conformidade D refere-se à conformidade entre o processo executado M3 e o processo adaptado M2, e endereça a questão h) “Em que grau os processos executados, de forma geral, seguem os processos adaptados para as instâncias de processos?”. Pode-se verificar se o processo "real"

M3 desvia-se do processo adaptado M2 ou quão distante é o processo adaptado M2 em relação à sua execução real M3. Isto envolve a técnica de mineração de processos “verificação de conformidade” e a atividade de mineração de processo “comparar”. A conformidade E refere-se à conformidade entre o processo executado M3 e o processo padrão M1, endereçando a questão i) “Em que grau os processos executados, de forma geral, seguem o processo padrão da organização?”. Pode-se verificar se o processo "real" (M3) desvia-se do processo padrão M1 ou quão distante é o processo padrão M1 em relação à sua execução real M3. Isto também envolve a técnica de mineração de processos “verificação de conformidade” e a atividade de mineração de processo “comparar”.

Pode-se notar também a possibilidade de outras conformidades, por exemplo, entre M1 e M0, que refletiria o grau em que o processo padrão da organização M1 está aderente ao modelo de referência M0 e vice-versa. Por exemplo, poderia-se verificar se cada uma das melhores práticas do modelo CMMI (M0) tem uma implementação correspondente no processo padrão M1, embora este não será o foco da investigação apoiada pela mineração de processos, por não ser um questão típica em avaliações SCAMPI. O mesmo vale para uma possível conformidade entre M2 e M1, ou seja, o grau em que processo adaptado M2 está em conformidade com o processo padrão M1 e vice-versa. Embora esta conformidade possa ser desejada, este também não será o foco de investigação apoiada pela mineração de processos, por também não ser um questão típica.

A questão f) “Qual é o processo realmente executado na organização?” é respondida mediante a técnica de mineração “descoberta de processo”, atividade “descobrir”. Quanto as demais questões c), d), e e), que contemplam, respectivamente, sequência/paralelismo de atividades, aderência aos itens da política organizacional e adequação dos executores de atividades, elas são respondidas mediante a técnica de verificação de conformidade de regras de negócio, pois esta é a técnica para verificar se os processos operam dentro de limites esperados, chamados de “regras de negócio”.

Visando identificar quais regras de negócio, passíveis de investigação por mineração de processos, são pertinentes à uma avaliação SCAMPI, foi feito um estudo considerando as (categorias de) regras citadas na seção 3. Para isso, em cada categoria de regra, foi julgada a aplicabilidade no contexto do CMMI, resultando no Quadro 18.

Quadro 18 – Regras de negócio aplicáveis ao CMMI

Categoria	Descrição	Aplicabilidade	Justificativa
Existência	Limita a ocorrência ou ausência para um determinado evento A em um escopo.	Sim	Todas as práticas CMMI devem ocorrer para cada basic unit ou support function
Existência Limitada	Limita o número de vezes que um determinado evento A deve ou não ocorrer em um escopo.	Não	Não há no CMMI algo que limita o número de vezes que uma determinada prática deve ou não ocorrer.
Sequência Limitada	Limita o número de vezes que uma dada sequência de eventos deve ou não ocorrer em um escopo.	Não	Não há no CMMI algo que limita o número de vezes que uma sequência de prática deve ou não ocorrer. Também é importante destacar que o CMMI não impõe formalmente nenhuma sequência de práticas.
Paralelo	Um conjunto específico de eventos deve ocorrer em paralelo em um escopo.	Não	Não há determinação de práticas em paralelo no CMMI
Precedência	Limita a ocorrência de um determinado evento A precedente a um determinado evento B.	Sim	Embora o CMMI não determine sequência de práticas, é possível notar que algumas práticas demandam um precedência lógica, como por exemplo, PP SP 2.7 Establish the project plan, a qual não faz sentido ser realizada após PP SP 3.1 Review plans that affect the project.
Cadeia de Precedência	Limita a ocorrência de uma sequência de eventos A1,...An precedente a uma sequência de eventos B1,...,Bn.	Sim	Condição similar à categoria Precedência, porém aplicável à uma cadeia de precedência.
Resposta	Limita a ocorrência de um dado evento B em resposta a um dado evento A.	Não	O CMMI não determina a execução de uma determinada prática em razão da execução de outra.
Cadeia de respostas	Limita a ocorrência de uma sequência de eventos B1,...Bn em resposta à uma sequência de eventos A1,...,An.	Não	O CMMI não determina sequência específica para execução de práticas.
Entre	Limita a ocorrência de um determinado evento B entre uma sequência de eventos A e C.	Não	O CMMI não determina sequência específica para execução de práticas
Exclusivo	Presença de um determinado evento A obriga a ausência de um evento B.	Não	O CMMI determina que todas as práticas são aplicáveis (i.e. devem ser executadas).
Mutuamente exclusivo	Um determinado evento A ou evento B deve existir mas não os dois ou nenhum.	Não	O CMMI determina que todas as práticas são aplicáveis (i.e. devem ser executadas).
Inclusivo	Presença de um determinado evento A obriga que o evento B também esteja presente.	Não	O CMMI determina que todas as práticas são aplicáveis (i.e. devem ser executadas).
Pré-requisito	Ausência de um determinado evento A obriga que o evento B também esteja ausente.	Não	O CMMI determina que todas as práticas são aplicáveis (i.e. devem ser executadas).
Substituto	Um determinado evento B substitui a ausência do evento A.	Não	O CMMI determina que todas as práticas são aplicáveis (i.e. devem ser executadas).
Co-requisito	Eventos A e B devem existir juntos ou	Não	O CMMI determina que todas as práticas são

	estarem ausentes juntos.		aplicáveis (i.e. devem ser executadas).
--	--------------------------	--	---

Como resultado, pode-se perceber que apenas três categorias de regras são pertinentes ao CMMI: Existência (*existence*), Precedência (*precedence*) e Cadeia de Precedência. Estas descobertas passaram a ser requisitos para o método proposto, assim como as questões (e conformidades associadas A,B,C,D e E), técnicas e atividades de mineração de processos identificadas.

Como visto na seção 3, os tipos de dados de logs de eventos normalmente esperados são os seguintes: a) dados relacionados a identificação da instância de processo (i.e. case ID); b) dados relacionados com atividades associadas às instâncias de processos; c) dados contendo os nomes dos executores de cada atividade; d) Informações sobre os tempos de início e fim (i.e. timestamps) de cada atividade e e) dados referentes a outros atributos das instâncias de processos, quando disponíveis. No Quadro 19, é apresentado um mapeamento entre os aspectos da implantação do CMMI (como processão padrão, processo adaptado e processo executado na unidade organizacional) e tais tipos de dados. Nota-se que os campos indicados por “a ser capturado” precisam ser coletados para que as técnicas de mineração possam ser utilizadas em uma avaliação SCAMPI. Isto passou a ser também um requisito para o método proposto, assim como a aplicação das técnicas e atividades de mineração de processos identificadas nesta tarefa.

Quadro 19 - Relação entre elementos

Elementos requeridos pela mineração de processos	Elementos das práticas do modelo CMMI (M0, <i>de jure</i>)	Elementos do processo padrão na unidade organizacional (M1, <i>de jure</i>)	Elementos do processo adaptado na unidade organizacional (M2, <i>de jure</i>)	Instâncias da execução do processo adaptado na unidade organizacional (é a base para gerar M3, <i>de facto</i>)
<i>Case ID</i>	Não aplicável	Não aplicável	<i>A ser capturado</i>	<i>A ser capturado</i>
<i>Activity</i>	Atividade	Atividade	Atividade	Atividade
<i>Originator</i>	Não há	Papel	Papel	Nome do executor
<i>Timestamp</i>	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	<i>A ser capturado</i>
<i>attribute data</i>	Exemplo de produtos de trabalho	Saída; Entrada	Saída; Entrada	<i>A ser capturado</i>

Elaborar requisitos para o método proposto, a partir das descobertas feitas nas tarefas anteriores (tarefa 1.6)

Foram identificados ao longo da execução das tarefas anteriores, 18 requisitos associados ao método proposto, conforme Quadro 20.

Quadro 20 - Requisitos para o método estendido

Requisito	ID	Origem
O método proposto deve reduzir a dependência nas competências, habilidades e experiências dos avaliadores.	R1	(tarefa) Identificar e analisar necessidades, expectativas e restrições para o método proposto. Para esta determinação, faz-se necessário identificar também as limitações do método SCAMPI atual.
O método proposto deve reduzir a quantidade de esforço e tempo da equipe.	R2	(tarefa) Identificar e analisar necessidades, expectativas e restrições para o método proposto. Para esta determinação, faz-se necessário identificar também as limitações do método SCAMPI atual.
O método proposto deve reduzir a subjetividade da análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas.	R3	(tarefa) Identificar e analisar necessidades, expectativas e restrições para o método proposto. Para esta determinação, faz-se necessário identificar também as limitações do método SCAMPI atual.
O método proposto deve aumentar a confiabilidade em relação à seleção da amostra, seu tamanho e representatividade.	R4	(tarefa) Identificar e analisar necessidades, expectativas e restrições para o método proposto. Para esta determinação, faz-se necessário identificar também as limitações do método SCAMPI atual.
O método proposto deve ser viável. Entende-se por viável, a condição de que o método proposto possa ser executado.	R5	(tarefa) Identificar e analisar necessidades, expectativas e restrições para o método proposto. Para esta determinação, faz-se necessário identificar também as limitações do método SCAMPI atual.
O método proposto deve ser utilizável. Entende-se por utilizável, a condição de que o método, assim como as técnicas e ferramentas associadas, sejam fáceis de utilizar.	R6	(tarefa) Identificar e analisar necessidades, expectativas e restrições para o método proposto. Para esta determinação, faz-se necessário identificar também as limitações do método SCAMPI atual.
O método proposto deve ser útil. Entende-se por útil, a condição de que o método proposto é relevante.	R7	(tarefa) Identificar e analisar necessidades, expectativas e restrições para o método proposto. Para esta determinação, faz-se necessário identificar também as limitações do método SCAMPI atual.
O método proposto deve definir quais, quando, onde, como e porque aplicar técnicas de mineração de processos nas avaliações de processos de baseadas no SCAMPI	R8	(tarefa) Identificar e analisar necessidades, expectativas e restrições para o método proposto. Para esta determinação, faz-se necessário identificar também as limitações do método SCAMPI atual.
No método proposto, a estratégia de coleta de dados como o próprio plano de coleta de dados, do SCAMPI, devem descrever como a Mineração de Processos será aplicada em uma avaliação SCAMPI.	R9	(tarefa) Caracterização das abordagens de coleta e análise de dados no SCAMPI.
No método proposto, técnicas alternativas de coleta e análise de dados deverão ser consideradas, as quais são justamente as técnicas associada à mineração de processos	R10	(tarefa) Caracterização das abordagens de coleta e análise de dados no SCAMPI.

No método proposto, aplicar mineração de processos em relação às evidências objetivas do tipo “artefato”, as quais serão chamados de “evidências objetivas relacionadas à Mineração de Processos”.	R11	(tarefa) Caracterização das abordagens de coleta e análise de dados no SCAMPI.
No método proposto, a mineração de processos estará associada à abordagem “verificação” de coleta de dados.	R12	(tarefa) Caracterização das abordagens de coleta e análise de dados no SCAMPI.
No método proposto, a mineração de processos irá utilizar as técnicas de descoberta de processo e a verificação de conformidade. A técnica de descoberta de processo demanda um <i>log</i> enquanto a verificação de conformidade demanda um <i>log</i> e os modelos de processo <i>de jure</i> e <i>de facto</i> . Em termos de categorias e atividades de mineração de processos, empregar as atividades “verificar” e “comparar” da categoria “auditoria”, assim como a própria atividade “descobrir” da categoria “cartografia”. Em termos das perspectivas, as perspectivas <i>control-flow</i> , organizacional e case/dados serão mais utilizadas.	R13	(tarefa) Caracterizar as técnicas de mineração de processos existentes, identificando quais podem ser utilizadas em avaliações SCAMPI
O método proposto deve recomendar quais elementos do CMMI tem mais aptidão para serem examinados via mineração de processos.	R14	(tarefa) Caracterizar os elementos “avaliáveis” do modelo CMMI-DEV, identificando quais deles são mais aptos a serem examinados por Mineração de Processos, em uma avaliação SCAMPI.
O método proposto deve identificar claramente qual parte do escopo do modelo de referência será investigado com auxílio da mineração de processos.	R15	(tarefa) Caracterizar os elementos “avaliáveis” do modelo CMMI-DEV, identificando quais deles são mais aptos a serem examinados por Mineração de Processos, em uma avaliação SCAMPI.
O método proposto deve contemplar a captura de dados da organização alinhados com os tipos de dados requeridos pela mineração de processos	R16	(tarefa) Caracterizar os elementos “avaliáveis” em uma organização que adota o CMMI, identificando o relacionamento deles com a Mineração de Processos.
O método proposto deve contemplar formas para avaliar questões e conformidades associadas identificadas como pertinentes em uma avaliação SCAMPI, utilizando-se da técnica de verificação de conformidade por meio de regras de negócios, sobretudo com a utilização de três (categorias de) regras: Existência (existence), Precedência (precedence) e Cadeia de Precedência.	R17	(tarefa) Caracterizar os elementos “avaliáveis” em uma organização que adota o CMMI, identificando o relacionamento deles com a Mineração de Processos
[removido] O método proposto deve aplicar as técnicas de descoberta de processos e de verificação de conformidade (incluindo a verificação de regras de negócio), assim como as atividades de mineração “discover”, “check” e “compare” para avaliar elementos associados ao CMMI	R18	(tarefa) Caracterizar os elementos “avaliáveis” em uma organização que adota o CMMI, identificando o relacionamento deles com a Mineração de Processos.

Ao se analisar os requisitos, foi percebido que o conteúdo do requisito R18 já estava contemplado no requisito R13. Isto aconteceu porque o R13 foi capturado durante a análise das técnicas de mineração de processos (tarefa 1.3), mas ainda

sem a informação de quais seriam os elementos “avaliáveis” em uma organização que adota o CMMI (tarefa 1.5). Saliencia-se então, que a tarefa 1.5 teve um papel de corroborar um requisito identificado anteriormente. Diante disso, o requisito R18 foi removido.

Identificar alternativas de formato (e conteúdo) para o método proposto e com base em critérios definidos, selecionar a melhor alternativa (tarefa 2.1).

Conforme apresentado anteriormente, o modelo CMMI possui duas extensões publicadas: +SAFE extension to CMMI-DEV, V1.2 e Security by Design with CMMI for Development, Version 1.3. Tais extensões foram analisadas visando identificar se existia alguma padronização entre elas, a qual deveria ser respeitada, sobretudo em termos de seções e subseções comuns. Pode-se dizer que grande parte das seções e subseções das extensões existentes são comuns, e diante disso, foram mantidas no método estendido *Process Mining Extension to CMMI* (ver apêndice F). Outras seções e subseções foram adaptadas uma vez que o propósito do método proposto difere das outras duas extensões: enquanto aquelas estendem o modelo CMMI, essa estende o método SCAMPI. Sendo assim, algumas seções e subseções foram definidas do “zero”. Como resultado, no Quadro 21 tem-se a estrutura de seções e subseções, assim como a descrição de conteúdo de cada uma delas.

Quadro 21 - Seções do método estendido

Seção (ou subseção)	Descrição
1. Executive Summary	Apresenta uma visão sumarizada do método Process Mining extension to SCAMPI.
2. Abstract	Apresenta um breve resumo do método Process Mining extension to SCAMPI.
3. “Process Mining Extension to SCAMPI” context	Apresenta a idéia principal do método.
3.1- Background and Acknowledgements	Apresenta o contexto e <i>acknowledgements</i> .
3.2-Purpose and Requirements	Apresenta as justificativas para o desenvolvimento do método assim como o escopo.
3.3-Relationships with CMMI and SCAMPI	Apresenta os relacionamentos entre o método Process Mining extension to SCAMPI e os modelos CMMI e o método SCAMPI.
3.4-Structure of the Process Mining extension to SCAMPI	Apresenta a estrutura do método Process Mining extension to SCAMPI.
3.5-Intended Audiences	Apresenta a audiência prevista para o método Process Mining extension to SCAMPI.
3.6-Usage scenario	Apresenta o cenário de uso do método Process Mining extension to SCAMPI.
4. “Process Mining Extension to SCAMPI” content	Apresenta o conteúdo em si do método Process Mining extension to SCAMPI.
References	Apresenta as referências usadas no método Process Mining extension to SCAMPI
Appendix A: Acronyms	Apresenta os acrônimos utilizados.
Appendix B: Glossary	Apresenta o glossário utilizado.
Appendix C: Typical questions and associate Process Mining techniques	Apresenta as típicas questões e técnicas de mineração associadas a elas

Appendix D: Process Mining and Process Areas of CMMI-DEV v1.3	Apresenta uma avaliação da aptidão cada área de processo do CMMI-DEV em ser examinada por mineração de processos.
Appendix E: Process Mining and Generic Practices of CMMI	Apresenta uma avaliação da aptidão de cada prática genérica dos modelos CMMI em ser examinada usando Mineração de Processos.
Appendix F: Process Mining techniques, and associate algorithms	Apresenta uma lista das principais técnicas de Mineração de Processos, algoritmos associados e seus resultados.
Appendix G: Business rules patterns	Apresenta as regras de negócio mais comuns.

Uma outra decisão tomada foi em relação ao formato do conteúdo do método. Os critérios estabelecidos foram: a) objetividade; b) facilidade de compreensão da aplicação dos aspectos de mineração de processos; c) independência quanto ao documento SCAMPI MDD; d) alinhamento com as demais extensões existentes. Cada alternativa foi avaliada quanto aos critérios (de pesos iguais), por meio da seguinte escala de atendimento: 1-baixo; 2-médio e 3-alto. A opção que recebesse mais pontos no total seria a escolhida. Quatro alternativas foram identificadas:

- a) (Conteúdo único) Os aspectos relacionados à mineração de processos são adicionados em qualquer ponto do documento do método SCAMPI original. Por exemplo, em elementos como *purpose*, *implementation guidance*, *required practices*, etc do método SCAMPI. O conteúdo do método SCAMPI, integrado com os aspectos de mineração de processos adicionados, compõe o documento “Process Mining Extension to SCAMPI”;
- b) (Conteúdo como Extensões) Os aspectos relacionados à mineração de processos são adicionados como “extensões” ao conteúdo original do método SCAMPI. Uma extensão aqui é um elemento do método estendido, claramente identificado, que descreve as considerações adicionais associadas à Mineração de Processos quando da interpretação de algum outro elemento presente no método SCAMPI original. O conteúdo do método SCAMPI, adicionado com extensões contemplando os aspectos de mineração de processos adicionados, compõe o documento “Process Mining Extension to SCAMPI”;
- c) (Conteúdo à parte) Os aspectos relacionados à mineração de processos são adicionados como processos, atividades ou práticas isoladas ao método SCAMPI original, formando um conteúdo à parte, o qual é inserido no documento “Process Mining Extension to SCAMPI”;
- d) (Conteúdo à parte com extensões). Um híbrido entre as opções b) e c). Nesta opção aspectos relacionados à mineração de processo são adicionados ora como extensões (para conteúdo já existente no método SCAMPI original) ora

como conteúdo à parte (para quando se faz necessário novos processos, atividades ou práticas).

Para a tomada da decisão, foi utilizado o Quadro 22, a seguir:

Quadro 22 - Decisão sobre o formato para o conteúdo

Critério	a) Conteúdo único	b) Conteúdo como Extensões	c) Conteúdo à parte	d) Conteúdo à parte com extensões
Objetividade	3-ALTO	2-MEDIO	1-BAIXO	2-MÉDIO
Facilidade de compreensão da aplicação dos aspectos de mineração de processos	2-MEDIO	1-MÉDIO	1-BAIXO	2-MÉDIO
Independência quanto ao documento SCAMPI MDD	1-BAIXO	2-MEDIO	3-ALTO	2-MÉDIO
Alinhamento com as demais extensões existentes	1-BAIXO	1-BAIXO	3-ALTO	2-MÉDIO
[somatório]	7	6	8	8

Com base na regra estabelecida, houve um empate entre a opção c) (conteúdo à parte) e d) (conteúdo a parte com extensões). Entretanto, para fins de desempate foi escolhida a opção d) pois apresentou um melhor equilíbrio de notas nos critérios individuais.

Identificar metodologias para condução de projetos de mineração e como elas podem se relacionar com o método SCAMPI (tarefa 2.2)

Nesta tarefa, obteve-se o seguinte: para o desenvolvimento do método proposto, assumiu-se que a aplicação da mineração de processos em uma avaliação SCAMPI é como se fosse um projeto de mineração de processos orientado à questões, mas com algumas características especiais, as quais tendem a ser fixas em toda e qualquer avaliação. Diante disso, fez-se necessário identificar quais as metodologias existentes para projetos de mineração de processo. Na seção 3 foram descritos dois trabalhos pertinentes, os quais coincidentemente possuem o mesmo título, PMPM-Process Mining Project Methodology (VAN DER HEIJDEN, 2012) e PM2-Process Mining Project Methodology (VAN ECK et al., 2015). A ideia então foi basear-se nessas duas metodologias para facilitar a identificação de quais atividades associadas à mineração de processos seriam adicionadas ao método SCAMPI existente. Como eram duas as metodologias, foi necessário integrá-las. Para isso, foram consideradas todas as atividades das duas metodologias (e o

mapeamento feito na seção 3). Algumas, porém, foram agrupadas (ex: *locate and explore required data in the system's logs*), visando reduzir o número total de atividades (18, nas metodologias individuais) resultando em 14 atividades, distribuídas em 6 estágios, conforme apresentado no Quadro 23.

Quadro 23 - Resultado da integração das metodologias de projetos de mineração de processos

Estágio	Atividade
Scoping and Planning	Identify business processes and associated information systems, and gather basic knowledge
Scoping and Planning	Determine goals and research questions
Scoping and Planning	Determine the required team, data, tools and techniques.
Data understanding	Locate and explore required data in the system's logs
Data understanding	Verify the data in the system's logs and select dataset in terms of <i>event</i> context, timeframe and aspects
Data Processing	Extract the set of required <i>event</i> data
Data Processing	Prepare the extracted dataset, by cleaning, constructing, merging, mapping, formatting and transforming the data
Data Processing	Familiarize <i>and filter log</i>
Process Mining and Analysis	Apply process mining techniques to answer (research) questions
Evaluation	Verify and validate process mining results
Evaluation	Accreditate process mining results
Evaluation	Present process mining results to the organization
Process improvement and support	Identify and implement improvements
Process improvement and support	Support operations

Feito isso, foi necessário identificar como as atividades desta “metodologia integrada” poderiam ser aplicadas no método proposto. Para tal, foi utilizado o Quadro 24. São apresentadas, além da justificativa de porque cada atividade da metodologia integrada é aplicável, quais as considerações para implementação e a especificação do componente que o implementa.

Quadro 24 - Implementação de atividades no método proposto

Estágo	Atividade	Aplicabilidade	Justificativa	Considerações para Implementação	Componente
Scoping and Planning	Identify business processes and associated information systems, and gather basic knowledge	Sim	Sim, pois influencia o escopo da avaliação que pode ser analisado com auxílio da Mineração de Processos.	Levantamento, a partir de critérios, de quais áreas de processos e práticas (genéricas e específicas) do modelo CMMI são mais aptas a serem examinadas via técnicas de mineração de processos.	componente para identificar qual é o escopo típico do CMMI a ser investigado mediante Mineração de Processos. Considerações similares devem existir também para o escopo organizacional e seleção da amostragem. Assumindo que existam sistemas de informação que suportam a execução dos processos, citar no método proposto as áreas de processos (e práticas) mais aptas a serem alvos de análise da mineração de processos componente para identificação dos sistemas de informação associados aos processos selecionados para serem investigados usando Mineração de Processos.
Scopin	Determine	Sim	Sim, pois influencia quais	Levantamento, a partir de	componente para tratar objetivos e

g and Planning	goals and (research) questions		objetivos e questões típicas de uma avaliação SCAMPI podem ser respondidos com auxílio da Mineração de Processos	critérios, de quais objetivos e perguntas típicas em uma avaliação SCAMPI, podem ser alvo de análises por meio de técnicas de mineração de processos	questões típicas de uma avaliação SCAMPI, que podem ser respondidos mediante técnicas de mineração de processos.
Scoping and Planning	Determine the required team, data, tools and techniques.	Sim	Sim, pois determina qual a composição da equipe, quais as ferramentas e técnicas de mineração de processos a serem empregadas.	Identificação do perfil e competências pertinentes da equipe de avaliação em relação ao tema Mineração de Processos e condução dos eventuais treinamentos necessários. Identificação das características de registros de dados de eventos requeridas pelas técnicas de mineração de processos. Identificação das técnicas de mineração de processos aplicáveis à uma avaliação SCAMPI auxiliada por Mineração de Processos Identificação das ferramentas de mineração de processos aplicáveis à uma avaliação SCAMPI auxiliada por Mineração de Processos.	componente para contemplar aspectos de competência e treinamento referente à Mineração de Processos componente para determinar quais são, e localizar registros de dados de eventos com, as características requeridas em termos de formato e conteúdo: -Para a mineração de processos (timestamp, case id, executor, activity, etc) -Para avaliar-se o CMMI (PAs e práticas alvo). componente para identificar técnicas de mineração de processos a serem aplicadas (ex: Process Discovery e Conformance Checking) como parte da estratégia de coleta de dados, e descrevendo-as no plano de coleta de dados componente referente às ferramentas de mineração de processo: ProM e outras.
Data understanding	Locate and explore required data in the system's logs	Sim	Sim, pois uma avaliação SCAMPI auxiliada por Mineração de Processos necessita de dados específicos em termos de conteúdo e formato, e com qualidade.	Localização de dados com características que os registros de dados de eventos (i.e. <i>event logs</i>) devem apresentar para serem válidos para a aplicação de técnicas de Mineração de Processos. Determinação de como explorar as características requeridas de registros de dados de eventos disponíveis.	componente para determinar quais são e localizar registros de dados de eventos com as características requeridas em termos de formato e conteúdo: -Para a mineração de processos (timestamp, case id, executor, activity, etc) -Para avaliar-se o CMMI (PAs e práticas alvo). Componente para explorar os dados encontrados.
Data understanding	Verify the data in the system's logs and select dataset in terms of context, timeframe and data type	Sim	Sim, pois uma avaliação SCAMPI auxiliada por Mineração de Processos necessita que os dados reflitam um período pertinente para a avaliação e que tragam os tipos de dados requeridos (ex: timestamp, executor, case, etc)	Determinação de critérios para conduzir a verificação dos dados e a seleção dos mesmos em termos de contexto (pre mortem ou post mortem), período amostral e disponibilidade de dados nos tipos requeridos.	componente para verificar a qualidade dos dados e a seleção dos mesmos em termos de contexto (pre mortem ou post mortem), período amostral e disponibilidade de dados nos tipos requeridos.
Data Processing	Extract the set of required <i>event</i> data	Sim	Sim, pois uma avaliação SCAMPI auxiliada por Mineração de Processos necessita que dados sejam extraídos dos sistemas de informação da unidade organizacional avaliada.	Determinação de atividades (ou práticas) para a extração de dados de sistemas de informação.	componente para extrair dados a partir de sistemas de informação.
Data Processing	Prepare the extracted dataset, by cleaning, constructing, merging, mapping and formatting the data	Sim	Sim, pois uma avaliação SCAMPI auxiliada por Mineração de Processos necessita que os dados extraídos estejam em condições de serem utilizados.	Determinação de atividades (ou práticas) para a preparação dos dados de maneira que apresentem condições de serem utilizados pelas técnicas de mineração de processos.	componente para preparação dos dados de maneira que apresentem condições de serem utilizados pelas técnicas de mineração de processos.
Data Processing	Familiarize and filter log	Sim	Sim, pois uma avaliação SCAMPI auxiliada por	Determinação de atividades (ou práticas)	componente para se familiarizar com o <i>event log</i> e aplicar os filtros necessários.

sing			Mineração de Processos pode necessitar que os dados extraídos e preparados sejam filtrados adequadamente, caso necessário	para se familiarizar com o <i>event log</i> e aplicar os filtros necessários	
Process Mining and Analysis	Apply process mining techniques to answer research questions	Sim	Sim, pois, naturalmente uma avaliação SCAMPI auxiliada por Mineração de Processos necessita que técnicas de mineração sejam aplicadas.	Criação de atividades (e/ou práticas) para a aplicação de técnicas de mineração de processos	componente para a aplicação de técnicas de mineração de processos
Evaluation	Verify and validate process mining results	Sim	Sim, pois em uma avaliação SCAMPI auxiliada por Mineração de Processos é pertinente que os resultados de mineração de processos encontrados sejam verificados e validados	Determinação de atividades (ou práticas) para verificação e validação dos resultados de mineração de processos.	componente para verificação e validação dos resultados de mineração de processos.
Evaluation	Accreditate process mining results	Sim	Sim, pois em uma avaliação SCAMPI auxiliada por Mineração de Processos é pertinente que os resultados de mineração de processos encontrados sejam avaliados quanto aos objetivos para os quais eles visam endereçar	Determinação de atividades (ou práticas) para avaliação se os objetivos foram atendidos pelos resultados de Mineração de Processos.	componente para avaliar se os objetivos foram atendidos pelos resultados de Mineração de Processos.
Evaluation	Present process mining results to the organization	Sim	Sim, pois em uma avaliação SCAMPI auxiliada por Mineração de Processos faz sentido que os resultados de mineração de processos encontrados sejam apresentados para a unidade organizacional, tanto de forma prévia como definitiva.	Determinação de atividades (ou práticas) para apresentação dos resultados de mineração de processos	componente para apresentação dos resultados de mineração de processos.
Process improvement and support	Identify and implement improvements	Não	Não, pois uma avaliação SCAMPI auxiliada por Mineração de Processos não se faz necessário identificar e implementar melhorias, visto que isto é tipicamente uma atividade subsequente às avaliações.	-	-
Process improvement and support	Support operations	Não	Não, pois uma avaliação SCAMPI auxiliada por Mineração de Processos não tem o propósito de auxiliar no dia-a-dia do monitoramento de operações.	-	-

No Quadro 24, nota-se que algumas atividades do método SCAMPI atual não cobriram algumas das implementações identificadas, as quais foram necessárias endereçar no método proposto. Nota-se também que nem todas as atividades são elegíveis pois algumas delas (as duas últimas) dizem respeito à implementação de melhorias (i.e. atividade *identify and implement improvements*) ou ao suporte operacional (i.e. *support operations*), o que claramente está fora do escopo do método proposto. O Quadro 24 passou a ser o *design* para implementação dos componentes no método estendido.

Identificar como técnicas de mineração de processos identificadas podem ser aplicadas como abordagens complementares ou alternativas de coleta e análise de dados no método SCAMPI. Identificar e criar componentes para solucionar os requisitos, a partir desta identificação (tarefa 2.3).

Nesta tarefa, os requisitos foram mapeados para os componentes identificados na tarefa anterior (2.2). Foi percebido que apenas alguns requisitos (R1, R6, R9, R10, R13, R14, R15, R16, R17) estavam sendo contemplados pelos componentes identificados na tarefa 2.2. Sendo assim, fez-se necessário aprimorar os componentes para que endereçassem todos os requisitos, resultando nos componentes apresentados no Quadro 25.

Quadro 25 - Componentes para o método proposto

Requisito	id	Componentes aprimorados
O método proposto deve reduzir a dependência nas competências, habilidades e experiências dos avaliadores.	R1	C1-componente para a aplicação de técnicas de mineração de processos em relação às evidências objetivas do tipo “artefato” (i.e. evidências objetivas relacionadas à mineração de processos) de forma viável, utilizável e útil, que reduzam a dependência nas competências, habilidade e experiências dos avaliadores; que reduzam a quantidade de esforço e tempo da equipe; que reduzam a subjetividade da análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas
O método proposto deve reduzir a quantidade de esforço e tempo da equipe.	R2	C1-componente para a aplicação de técnicas de mineração de processos em relação às evidências objetivas do tipo “artefato” (i.e. evidências objetivas relacionadas à mineração de processos) de forma viável, utilizável e útil, que reduzam a dependência nas competências, habilidade e experiências dos avaliadores; que reduzam a quantidade de esforço e tempo da equipe; que reduzam a subjetividade da análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas
O método proposto deve reduzir a subjetividade da análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas.	R3	C1-componente para a aplicação de técnicas de mineração de processos em relação às evidências objetivas do tipo “artefato” (i.e. evidências objetivas relacionadas à mineração de processos) de forma viável, utilizável e útil, que reduzam a dependência nas competências, habilidade e experiências dos avaliadores; que reduzam a quantidade de esforço e tempo da equipe; que reduzam a subjetividade da análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas
O método proposto deve aumentar a confiabilidade em relação à seleção da amostra, seu tamanho e representatividade.	R4	C2-componente para identificar qual é o escopo típico do CMMI a ser investigado mediante Mineração de Processos. Considerações similares devem existir também para o escopo organizacional e seleção da amostragem, de forma a aumentar a confiabilidade em relação à seleção da amostra, seu tamanho e representatividade. Assumindo que existam sistemas de informação que suportam a execução dos processos, citar no método proposto as áreas de processos (e práticas) mais aptas a serem alvos de análise da mineração de processos
O método proposto deve ser viável. Entende-se por viável, a condição de que o método proposto possa ser executado.	R5	C1-componente para a aplicação de técnicas de mineração de processos em relação às evidências objetivas do tipo “artefato” (i.e. evidências objetivas relacionadas à mineração de processos) de forma viável, utilizável e útil, que reduzam a dependência nas competências, habilidade e experiências dos avaliadores; que reduzam a quantidade de esforço e tempo da equipe; que reduzam a subjetividade da análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas
O método proposto deve ser utilizável. Entende-se por utilizável, a condição de que o método, assim como as técnicas e ferramentas associadas, sejam fáceis de utilizar.	R6	C1-componente para a aplicação de técnicas de mineração de processos em relação às evidências objetivas do tipo “artefato” (i.e. evidências objetivas relacionadas à mineração de processos) de forma viável, utilizável e útil, que reduzam a dependência nas competências, habilidade e experiências dos avaliadores; que reduzam a quantidade de esforço e tempo da equipe; que reduzam a subjetividade da análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas

O método proposto deve ser útil. Entende-se por útil, a condição de que o método proposto é relevante.	R7	C1-componente para a aplicação de técnicas de mineração de processos em relação às evidências objetivas do tipo “artefato” (i.e. evidências objetivas relacionadas à mineração de processos) de forma viável, utilizável e útil, que reduzam a dependência nas competências, habilidade e experiências dos avaliadores; que reduzam a quantidade de esforço e tempo da equipe; que reduzam a subjetividade da análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas
O método proposto deve definir quais, quando, onde, como e porque aplicar técnicas de mineração de processos nas avaliações de processos de baseadas no SCAMPI	R8	C1-componente para a aplicação de técnicas de mineração de processos em relação às evidências objetivas do tipo “artefato” (i.e. evidências objetivas relacionadas à mineração de processos) de forma viável, utilizável e útil, que reduzam a dependência nas competências, habilidade e experiências dos avaliadores; que reduzam a quantidade de esforço e tempo da equipe; que reduzam a subjetividade da análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas
No método proposto, a estratégia de coleta de dados como o próprio plano de coleta de dados, do SCAMPI, devem descrever como a Mineração de Processos será aplicada em uma avaliação SCAMPI.	R9	C3-componente para identificar técnicas de mineração de processos a serem aplicadas (ex: Process Discovery e Conformance Checking) como parte da estratégia de coleta de dados, e descrevendo-as no plano de coleta de dados
No método proposto, técnicas alternativas de coleta e análise de dados deverão ser consideradas, as quais são justamente as técnicas associada à mineração de processos	R10	C1-componente para a aplicação de técnicas de mineração de processos em relação às evidências objetivas do tipo “artefato” (i.e. evidências objetivas relacionadas à mineração de processos) de forma viável, utilizável e útil, que reduzam a dependência nas competências, habilidade e experiências dos avaliadores; que reduzam a quantidade de esforço e tempo da equipe; que reduzam a subjetividade da análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas
No método proposto, aplicar mineração de processos em relação às evidências objetivas do tipo “artefato”, as quais serão chamados de “evidências objetivas relacionadas à Mineração de Processos”.	R11	C1-componente para a aplicação de técnicas de mineração de processos em relação às evidências objetivas do tipo “artefato” (i.e. evidências objetivas relacionadas à mineração de processos) de forma viável, utilizável e útil, que reduzam a dependência nas competências, habilidade e experiências dos avaliadores; que reduzam a quantidade de esforço e tempo da equipe; que reduzam a subjetividade da análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas
No método proposto, a mineração de processos estará associada à abordagem “verificação” de coleta de dados.	R12	C4-Componente para aplicar a mineração de processos somente quando a abordagem “verificação” de coleta de dados for selecionada no tailoring do método SCAMPI
No método proposto, a mineração de processos irá utilizar as técnicas de descoberta de processo e a verificação de conformidade. A técnica de descoberta de processo demanda um log enquanto a verificação de conformidade demanda um log e os modelos de processo <i>de jure</i> e <i>de facto</i> . Em termos de categorias e atividades de mineração de processos, empregar as atividades “verificar” e “comparar” da categoria “auditoria”, assim como a própria atividade “descobrir” da categoria “cartografia”. Em termos das perspectivas, as perspectivas control-flow, organizacional e case/dados serão mais utilizadas.	R13	C5-componente para a aplicação da técnica de descoberta de processo e verificação de conformidade. A técnica de descoberta de processo demanda um <i>log</i> enquanto a verificação de conformidade demanda um <i>log</i> e os modelos de processo <i>de jure</i> e <i>de facto</i> . Em termos de categorias e atividades de mineração de processos, empregar as atividades “verificar” e “comparar” da categoria “auditoria”, assim como a própria atividade “descobrir” da categoria “cartografia”. Em termos das perspectivas, as perspectivas control-flow, organizacional e case/dados serão mais utilizadas.
O método proposto deve recomendar quais elementos do CMMI tem mais aptidão para serem examinados via mineração de processos.	R14	C2-componente para identificar qual é o escopo típico do CMMI a ser investigado mediante Mineração de Processos. Considerações similares devem existir também para o escopo organizacional e seleção da amostragem, de forma a aumentar a confiabilidade em relação à seleção da amostra, seu tamanho e representatividade. Assumindo que existam sistemas de informação que suportam a execução dos processos, citar no método proposto as áreas de processos (e práticas) mais aptas a serem alvos de análise da mineração de processos
O método proposto deve identificar	R15	C2-componente para identificar qual é o escopo típico do CMMI a ser

claramente qual parte do escopo do modelo de referência será investigado com auxílio da mineração de processos.		investigado mediante Mineração de Processos. Considerações similares devem existir também para o escopo organizacional e seleção da amostragem, de forma a aumentar a confiabilidade em relação à seleção da amostra, seu tamanho e representatividade. Assumindo que existam sistemas de informação que suportam a execução dos processos, citar no método proposto as áreas de processos (e práticas) mais aptas a serem alvos de análise da mineração de processos
O método proposto deve contemplar a captura de dados da organização alinhados com os tipos de dados requeridos pela mineração de processos	R16	<p>C7-componente para determinar quais são, e localizar registros de dados de eventos com, as características requeridas em termos de formato e conteúdo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Para a mineração de processos (timestamp, case id, executor, activity, etc -Para avaliar-se o CMMI (PAs e práticas alvo). <p>C8-Componente para explorar os dados encontrados.</p> <p>C9-componente para verificar a qualidade dos dados e a seleção dos mesmos em termos de contexto (pre morte ou post morte), período amostral e disponibilidade de dados nos tipos requeridos.</p> <p>C10-componente para extrair dados a partir de sistemas de informação</p> <p>C11-componente para preparação dos dados de maneira que apresentem condições de serem utilizados pelas técnicas de mineração de processos.</p>
O método proposto deve contemplar formas para avaliar questões e conformidades associadas identificadas como pertinentes em uma avaliação SCAMPI, utilizando-se da técnica de verificação de conformidade por meio de regras de negócios, sobretudo com a utilização de três (categorias de) regras: Existência (existence), Precedência (precedence) e Cadeia de Precedência.	R17	C12-componente para tratar objetivos e questões típicas (e conformidades associadas) que podem ser respondidos mediante técnicas de mineração de processos, em especial utilizando-se da técnica de verificação de conformidade por meio de regras de negócios, sobretudo com a utilização de três (categorias de) regras: Existência (existence), Precedência (precedence) e Cadeia de Precedência.
Não aplicável, visto que estes componentes não foram derivados de requisito, mas resultado da tarefa 2.2 onde componentes foram identificados a partir das atividades previstas para uma metodologia de projetos de mineração de processos.	N/A	<p>C13-componente para identificação dos sistemas de informação associados aos processos selecionados para serem investigados usando Mineração de Processos.</p> <p>C14-componente para obter elementos de mineração de processos necessários (ex: modelos <i>de jure</i>, regras de negócio).</p> <p>C15-componente para se familiarizar com o <i>event log</i> e aplicar os filtros necessários.</p> <p>C16-componente para verificação e validação dos resultados de mineração de processos.</p> <p>C17-componente para avaliar se os objetivos foram atendidos pelos resultados de Mineração de Processos.</p> <p>C18-componente para apresentação dos resultados de mineração de processos.</p> <p>C19-componente referente às ferramentas de mineração de processo: ProM e outras</p>

Na sequência foi feita a implementação de cada componente. Em virtude de limitação de espaço nesta tese, e visto que os componentes estão integralmente apresentados no apêndice F, somente serão apresentados, no Quadro 26, o formato (e justificativa do formato) e onde os componentes (na versão final) foram integrados no método SCAMPI atual (ver tarefa 2.4).

Quadro 26 – Implementação e integração dos componentes

Componente	Formato	Justificativa do formato	Mapeamento
C2	Extensão	Já existem elementos no SCAMPI para determinar o escopo da avaliação	1.1.4 Determine Appraisal Scope
C13	Extensão	Já existem elementos no SCAMPI associados a estratégia de coleta de dados	1.1.2 Determine Data Collection Strategy e 1.2.3 Develop Data Collection Plan
C12	Extensão	Já existem no SCAMPI elementos para tratar os objetivos da avaliação e a estratégia de coleta de dados	1.1.1 Determine Appraisal Objectives e 1.1.2 Determine Data Collection Strategy
C6	Extensão	Já existem no SCAMPI elementos para tratar competências e treinamento	1.2.2 Identify Needed Resources e 1.3.1 Identify Appraisal Team Leader e 1.3.2 Select Team Members e 1.3.4 Prepare Team
C7	Extensão	Já existem elementos no SCAMPI para planejamento da coleta de dados	1.2.3 Develop Data Collection Plan e 1.4.1 Obtain Initial Objective Evidence
	Conteúdo à parte	Nova atividade, para se obter os artefatos associados à Mineração de Processos	Obtain Objective Evidence for Process Mining
C3	Extensão	Já existem elementos no SCAMPI para determinação da estratégia de coleta de dados e desenvolvimento do plano de coleta de dados	1.1.2 Determine Data Collection Strategy e 1.2.3 Develop Data Collection Plan
C4	Extensão	Já existem elementos no SCAMPI para determinação da estratégia de coleta de dados e adaptação do método SCAMPI	1.1.2 Determine Data Collection Strategy e 1.2.1 Tailor Method
C19	Extensão	Visto que já existem elementos no método SCAMPI para identificação de ferramentas necessárias	1.2.2 Identify Needed Resources e 1.4.1 Obtain Initial Objective Evidence
C14	Extensão	Já existem elementos no método SCAMPI para planejar a coleta de dados	1.2.3 Develop Data Collection Plan
	Conteúdo à parte	Nova atividade para obtenção de elementos necessários à mineração de processos	Obtain Process Mining elements
C8	Conteúdo à parte	Nova prática para explorar os dados encontrados	Obtain Process Mining artifacts
C9	Conteúdo à parte	Nova prática para verificar a qualidade dos dados e a seleção dos mesmos em termos de contexto (pre mortem ou post mortem), período amostral e disponibilidade de dados nos tipos requeridos	Obtain Process Mining artifacts
C10	Conteúdo à parte	Nova prática para extrair dados a partir de sistemas de informação	Obtain Process Mining artifacts
C11	Conteúdo à parte	Nova prática para preparação dos dados de maneira que apresentem condições de serem utilizados pelas técnicas de mineração de processos	Obtain Process Mining artifacts
C15.	Conteúdo à parte	Nova prática para se familiarizar com o event log e aplicar os filtros necessários	Apply Process Mining techniques on Objective Evidence
C1		Este componente é atendido pelos demais componentes, mas em especial o componente C5.	
C5	Conteúdo à parte	Não existente. Novo processo necessita ser criado	Apply Process Mining Techniques on Objective Evidence
C16	Conteúdo a parte	Novo elemento para verificação e validação dos resultados de mineração de processos	Apply Process Mining Techniques on Objective Evidence
C17	Conteúdo a parte	Novo elemento para avaliar se os objetivos foram atendidos pelos resultados de Mineração de Processos	Apply Process Mining Techniques on Objective Evidence
C18	Não aplicável	Já existem pontos no método SCAMPI onde os resultados da avaliação são apresentados. Tais resultados já contemplam eventuais resultados da mineração de processos quando estes contribuem para identificação de alguma lacuna na implementação de práticas do modelo.	Não aplicável

Quanto aos resultados, esta tarefa dizia respeito à integração dos componentes desenvolvidos ao método SCAMPI, formando assim o método

estendido. Para tal, foi identificado, no método SCAMPI, onde os componentes criados deveriam ser incorporados (tal mapeamento é o apresentado na última coluna do Quadro 26). Dependendo da característica do componente e do local a ser incorporado, o componente desenvolvido seria integrado sob a forma:

- a) de uma extensão a um elemento já existente;
- b) de um novo processo;
- c) de uma nova atividade ou;
- d) de outro formato derivado (ex: elemento “ferramentas e técnicas”).

Diante disso, foi criado o conceito de “*Process Mining extension*”, que é um elemento do método estendido, claramente identificado, que descreve tanto novos processos e/ou atividades como as considerações adicionais associadas à mineração de processos quando da interpretação de algum outro elemento já presente no método SCAMPI padrão. Sendo assim, o método estendido, além da inclusão de novos processos e atividades específicas de mineração de processos (utilizando-se dos mesmos formato e campos do método SCAMPI, porém na cor cinza), traz extensões às atividades previamente existentes no método SCAMPI, sob a forma de caixas de texto em cinza ao final de cada atividade aplicável.

O Quadro 27 apresenta os pontos do método SCAMPI onde os componentes desenvolvidos foram integrados. Processos e atividades em negrito são conteúdos novos ao SCAMPI. Atividades sublinhadas são aquelas que receberam conteúdos adicionais ao método SCAMPI original. Nota-se que os títulos dos novos processos e atividades receberam letras ao invés de números visando manter a numeração do método SCAMPI original. Nota-se também apenas processos e atividades são apresentados, mas qualquer elemento derivado (tais como entradas, saídas, ferramentas e técnicas) pode ser estendido.

Phase	Process	Activities
1 Plan and Prepare for Appraisal	1.1 Analyze Requirements	<u>1.1.1 Determine Appraisal Objectives</u> <u>1.1.2 Determine Data Collection Strategy</u> 1.1.3 Determine Appraisal Constraints <u>1.1.4 Determine Appraisal Scope</u> 1.1.5 Determine Appraisal Outputs 1.1.6 Obtain Commitment to Initial Appraisal Plan
	1.2 Develop Appraisal Plan	<u>1.2.1 Tailor Method</u> <u>1.2.2 Identify Needed Resources</u> <u>1.2.3 Develop Data Collection Plan</u> 1.2.4 Determine Cost and Schedule 1.2.5 Plan and Manage Logistics 1.2.6 Document and Manage Risks 1.2.7 Obtain Commitment to Appraisal Plan
	1.3 Select and Prepare Team	<u>1.3.1 Identify Appraisal Team Leader</u> <u>1.3.2 Select Team Members</u> 1.3.3 Document and Manage Conflicts of Interest <u>1.3.4 Prepare Team</u>
	1.A Obtain Process Mining Artifacts and Elements	1.A.1 Obtain Process Mining Artifacts 1.A.2 Obtain Process Mining Elements
	1.4 Obtain and Inventory Initial Objective Evidence	1.4.1 Obtain Initial Objective Evidence 1.4.2 Inventory Objective Evidence
	1.5 Prepare for Appraisal Conduct	1.5.1 Perform Readiness Review 1.5.2 Re-Plan Data Collection
	2 Conduct Appraisal	2.1 Prepare Participants
2.A Apply Process Mining Techniques on Objective Evidence		2.A.1 Familiarize and Filter Event log 2.A.2 Discover Actual Process from Event Log 2.A.3 Check Conformance of Event Log with <i>de Jure</i> Model 2.A.4 Compare Conformance between <i>de Facto</i> model and <i>de Jure</i> Model 2.A.5 Check Conformance to Business Rules 2.A.6 Examine Process Mining results
2.2 Examine Objective Evidence		2.2.1 Examine Objective Evidence from Artifacts 2.2.2 Examine Objective Evidence from Affirmations
2.3 Document Objective Evidence		2.3.1 Take/Review/Tag Notes 2.3.2 Record Presence/Absence of Objective Evidence 2.3.3 Document Model Component Implementation 2.3.4 Review and Update the Data Collection Plan
2.4 Verify Objective Evidence		2.4.1 Verify Objective Evidence 2.4.2 Characterize Implementation of Model Practices and Generate Preliminary Findings
2.5 Validate Preliminary Findings		2.5.1 Validate Preliminary Findings

	2.6 Generate Appraisal Results	2.6.1 Derive Findings and Rate Goals 2.6.2 Determine Process Area Ratings 2.6.3 Determine Process Area Profile 2.6.4 Determine Maturity Level 2.6.5 Document Appraisal Results
3 Report Results	3.1 Deliver Appraisal Results	3.1.1 Deliver Final Findings 3.1.2 Conduct Executive Session(s) 3.1.3 Plan for Next Steps
	3.2 Package and Archive Appraisal Assets	3.2.1 Collect Lessons Learned 3.2.2 Generate Appraisal Record 3.2.3 Provide Appraisal Feedback to the CMMI Institute 3.2.4 Archive and/or Dispose of Key Artifacts
4 Action Plan Reappraisal	4.1 Action Plan Reappraisal	4.1.1 Plan Action Plan Reappraisal 4.1.2 Conduct Executive Session(s) Reappraisal 4.1.3 Report Action Plan Reappraisal

Fonte: adaptado de (CMMI Institute, 2014)

Também foi necessário criar o conteúdo das seções previstas para o documento “Process Mining Extension to SCAMPI” (ver Quadro 21). Feito isso, obteve-se o principal resultado deste passo metodológico: o método estendido “Process Mining Extension to SCAMPI”, o qual é apresentado no apêndice F sob a forma de relatório técnico.

Aplicar e avaliar o método desenvolvido em situações reais de avaliação de processos de software. Para esta avaliação, considerar os requisitos identificados e as expectativas de uso do método (tarefa 3.1)

A execução desta tarefa será apresentada nos relatos da condução dos passos metodológicos 5-Condução do running example, 6-Estudo de casos e 7-Revisão pelos especialistas.

4.2 CONDUÇÃO DO *RUNNING EXAMPLE*

Aqui são apresentados tanto a condução do processo como o conteúdo resultante do *running example*, o qual serviu como o “teste unitário” do método estendido. A diferença em relação ao que foi planejado é que a execução do *running example* demonstrou que pontos no método estendido precisavam ser retrabalhados, em especial com relação ao posicionamento das atividades propostas e aos algoritmos de mineração de processos considerados.

Quanto ao conteúdo, tem-se o seguinte: o *running example* é referente a dados de um processo de desenvolvimento de software, executado em uma unidade de fábrica de software de uma empresa.

De acordo com Greenfield e Short (2003) uma fábrica de software captura sistematicamente o conhecimento de como produzir elementos de uma família específica de produtos, tornando-o disponível na forma de ativos, tais como padrões, estruturas, modelos e ferramentas, e depois aplicando sistematicamente esses ativos para automatizar o desenvolvimento de componentes, reduzindo o tempo e os custos de desenvolvimento e melhorando a qualidade do produto final.

O processo da fábrica em questão inicia-se com a recepção da demanda, ou seja, a especificação a ser codificada é recebida e registrada em um sistema de informação (o qual também suporta as demais atividades do processo). Feito isso, os roteiros de teste são elaborados, bem como a codificação da especificação associada à demanda. Na sequência, os testes são realizados conforme o roteiro de teste, para verificar se o código está funcionando. Então, o QC-Controle de Qualidade aplica um *checklist* para verificar se a especificação foi corretamente codificada. Em caso negativo, as atividades de elaboração do roteiro de teste, de codificação e de teste devem ser refeitas. Quando tudo estiver correto, o código e sua documentação associada são entregues para o cliente. Depois disso, o QA-*Quality Assurance* executa uma verificação em relação às normas e especificações antes da liberação para o ambiente final.

Como resultado, o *running example* permitiu testar o uso de ferramentas, técnicas e algoritmos de mineração de processos, focando-se em resultados de mineração de processos que podem demonstrar que a organização possui e segue um processo padrão. Salienta-se que os eventuais artefatos resultantes de cada atividade do processo não foram o foco do *running example*, assim como não são o foco do método estendido. A ênfase do *running example* foi nas novas atividades do método estendido, sendo as seguintes selecionadas para serem conduzidas: 1.A.1-Obtain Process Mining Artifacts; 1.A.2-Obtain Process Mining Elements; 2.A.1-Familiarize and Filter Event log; 2.A.2 Discover Actual Process from Event Log; 2.A.3-Check Conformance of Event Log with *de Jure* Model; 2.A.4-Compare Conformance between *de Facto* model and *de Jure* Model; 2.A.5-Check Conformance to Business Rules; 2.A.6-Examine Process Mining Results.

A execução delas é apresentada a seguir.

1.A.1-Obtain Process Mining Artifacts

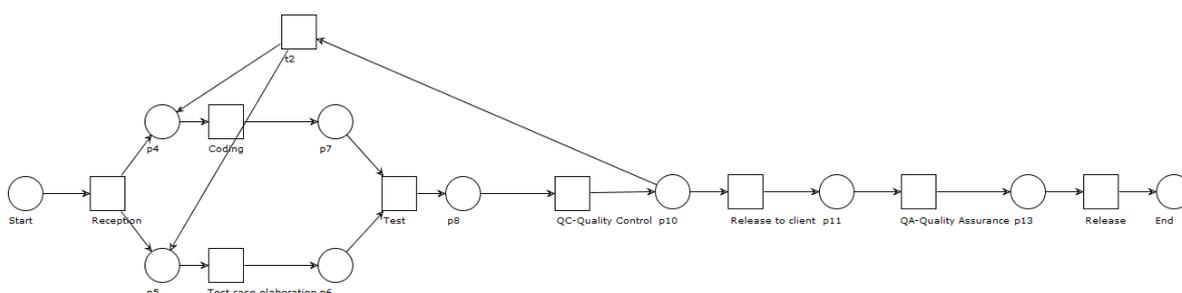
Existem ferramentas de software que reconhecem dados armazenados e exportados a partir de sistemas de informação. Uma dessas aplicações chama-se Disco, da empresa Fluxicon (www.fluxicon.com). Este software importa planilhas de dados (em MS-Excel) contendo, no caso do *running example*: a) dados relativos à identificação das demandas; b) dados relacionados com as atividades que são executadas para cada demanda (i.e. aceite, codificação, roteiro, teste, *cq-quality control*, expedição para o cliente, *qa-quality assurance* e expedição); c) dados relativos aos nomes dos executores de cada atividade; d) informações sobre os tempos de início e fim de cada atividade; e e) dados relativos a outros atributos de uma demanda: linguagem de programação, plataforma, etc.

Ainda na ferramenta Disco, tais dados são convertidos para o formato XML, legível pelo ProM 5.2 (www.promtools.org), uma ferramenta de mineração de processos. Para se fazer esta conversão, foi necessário mapear cada tipo de dado (i.e. *case*, atividade, recursos, *timestamp* ou atributo) para a respectiva coluna de dados no Excel. Na sequência, o mapeamento feito foi exportado para um formato MXML, e pôde ser, então, importado no ProM.

1.A.2-Obtain Process Mining Elements

Nesta atividade, o modelo *de Jure* foi criado utilizando-se uma rede de Petri, como mostrado na Figura 20. A criação de tal modelo, em uma ferramenta de software chamada WoPeD (www.woped.org), foi necessária para que este fosse comparado posteriormente com o *log* de eventos.

Figura 20 - Modelo de processo de fábrica de software em Petri Net

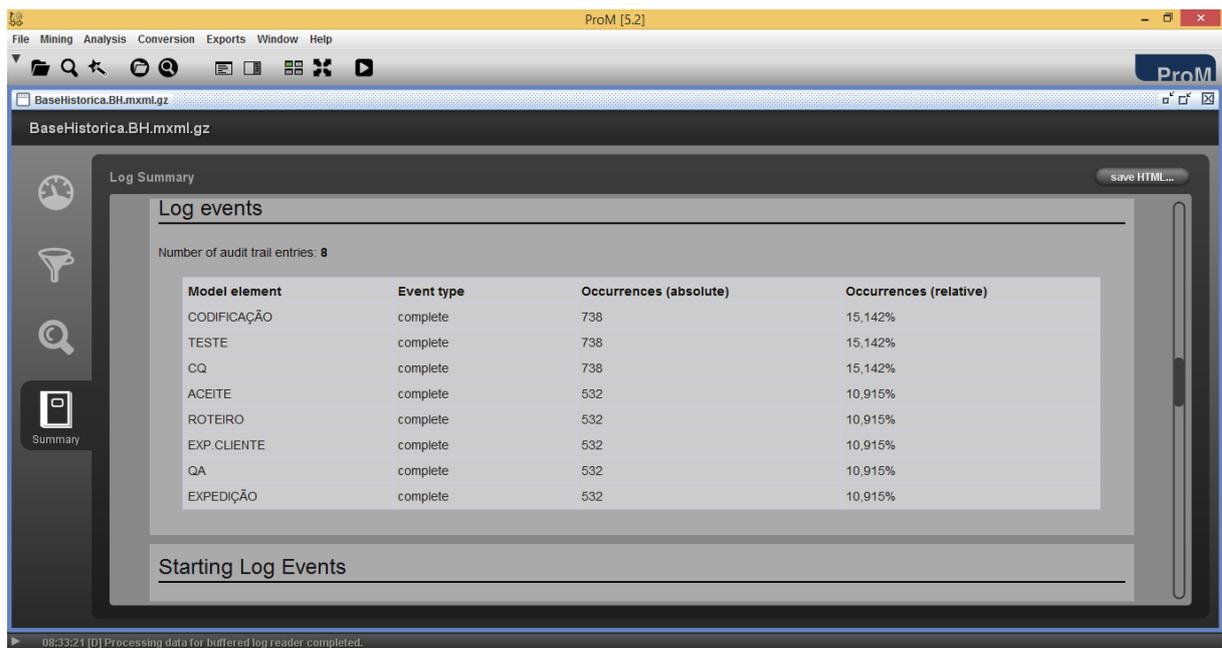


Nesta atividade também foram identificadas as regras de negócio aplicáveis ao contexto da fábrica de software, quais sejam: a) atividade de "teste" não deve finalizar antes das atividades de elaboração do caso de teste e de codificação; b) quem realiza a atividade QC-*Quality Control* é alguém diferente do executor da atividade "teste"; c) todas as atividades devem ser executadas em cada instância de processo.

2.A.1-Familiarize and Filter Event log

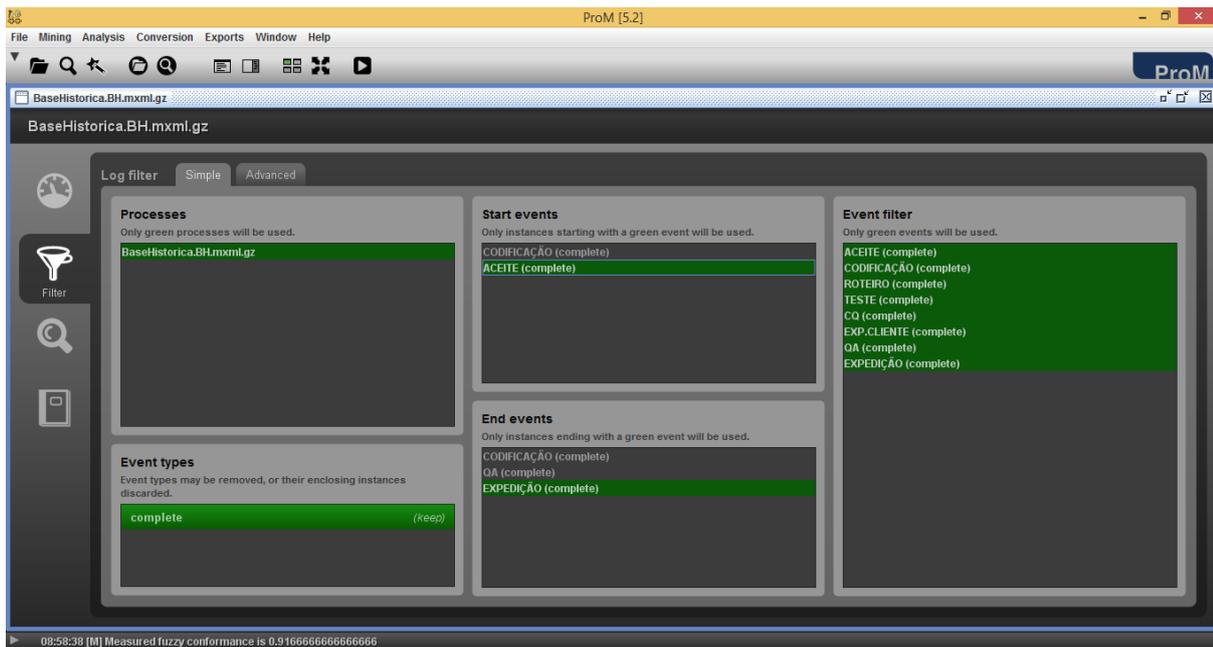
Nesta atividade foi feito um entendimento das características do log, por meio da função *Log Summary*, a qual mostra algumas estatísticas descritivas dos dados presentes no log, como por exemplo, qual o número absoluto e relativo de ocorrências de cada atividade, tal como mostrado na Figura 21.

Figura 21 - Log Summary (parcial)



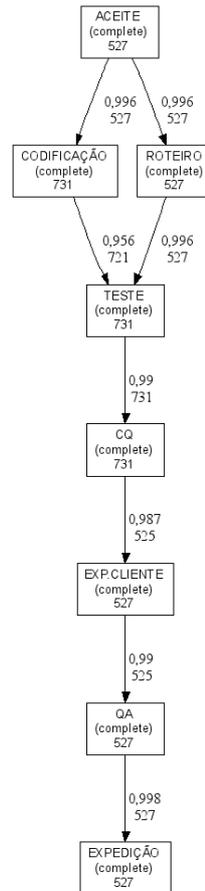
Nesta atividade também foi aplicado um filtro visando considerar apenas instâncias de processos completas, ou seja, aquelas que iniciaram e finalizaram com as atividades pertinentes (i.e. aceite e expedição, respectivamente). A Figura 22 mostra quais filtros foram aplicados.

Figura 22 - Filtro do Log



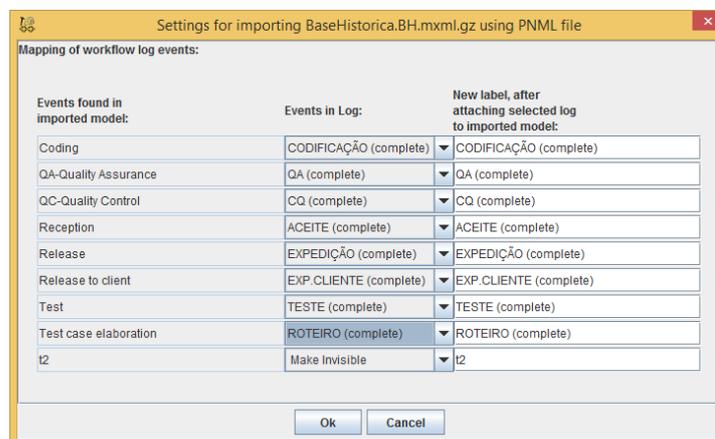
2.A.2 Discover Actual Process from Event Log

No ProM, o algoritmo Heuristic Miner foi aplicado através de um *plugin* - uma espécie de comando na ferramenta ProM - para a "descoberta" do modelo de processo refletido pelos dados, resultando no modelo apresentado na Figura 23, em formato Causal Net. Os retângulos representam atividades, apresentando também a quantidade de vezes que cada uma foi realizada. Os rótulos nos arcos representam (com valores próximos a 1) uma relação de dependência. Quanto mais próximo este número é de 1, maior a probabilidade de que exista uma relação de precedência entre uma atividade e a atividade anterior.

Figura 23 - Modelo *de Facto* da fábrica de software

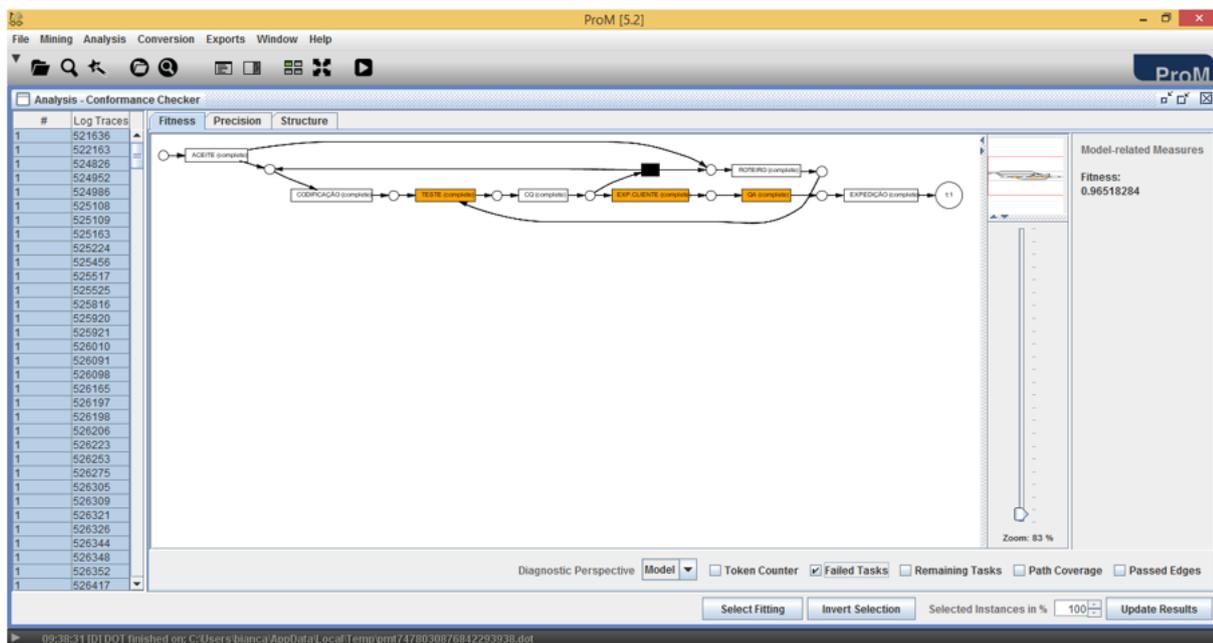
2.A.3-Check Conformance of Event Log with *de Jure* Model

Para verificar-se o grau de conformidade do *log* com o modelo *de Jure*, fez-se necessário importar tal modelo e mapear as atividades do *log* com as atividades do modelo *de Jure*, conforme apresentado na Figura 24.

Figura 24 - Mapeamento do *log* com o modelo *de Jure*

Feito isso, o algoritmo *Conformance Checking* foi aplicado para calcular o indicador *Fitness*, como mostrado na Figura 25. Tal indicador mede o grau de aderência do *log* com o modelo prescrito (i.e. o modelo *de jure*). O indicador *Fitness* com o valor 1 significa que todas as instâncias do *log* seguem o modelo *de Jure*, demonstrando que o modelo *de jure* consegue "ler" todos os registros (traces) do log. Em outras palavras, quanto maior este valor mais aderente é o *log* ao modelo *de Jure*.

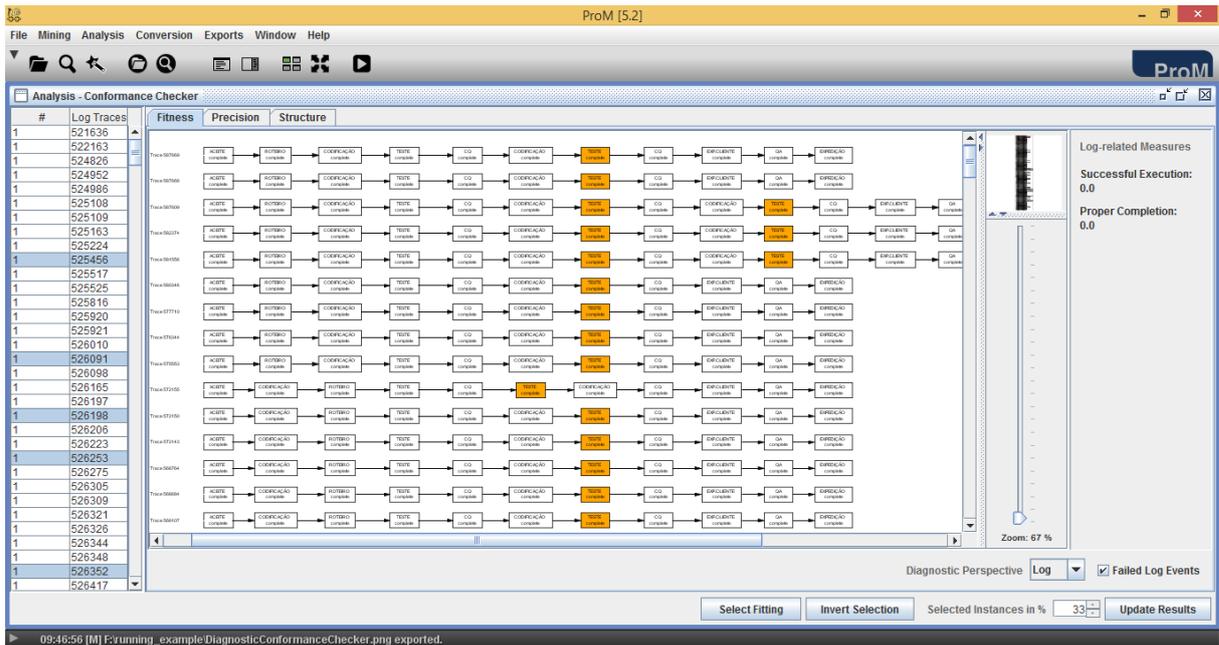
Figura 25 - Indicador *Fitness* para o log



O valor para este *running example* mostra um *fitness* de 0.965, indicando a existência de algumas (poucas) instâncias que não podem ser representadas pelo modelo *de Jure*, ou seja, que não seguiram o modelo de processo prescrito, uma vez que tais instâncias violaram as sequências pré-estabelecidas do processo.

No algoritmo *Conformance Checker* também é possível investigar, conforme apresentado na Figura 26, cada uma das instâncias de processos, tanto as que estão em conformidade com o modelo *de Jure* como as não-conformes. Para estas últimas, as quais representam 33% do total das instâncias do *log* e estão indicadas na coluna à esquerda na Figura 26, é possível identificar quais atividades (realçadas) não foram seguidas na execução de cada instância.

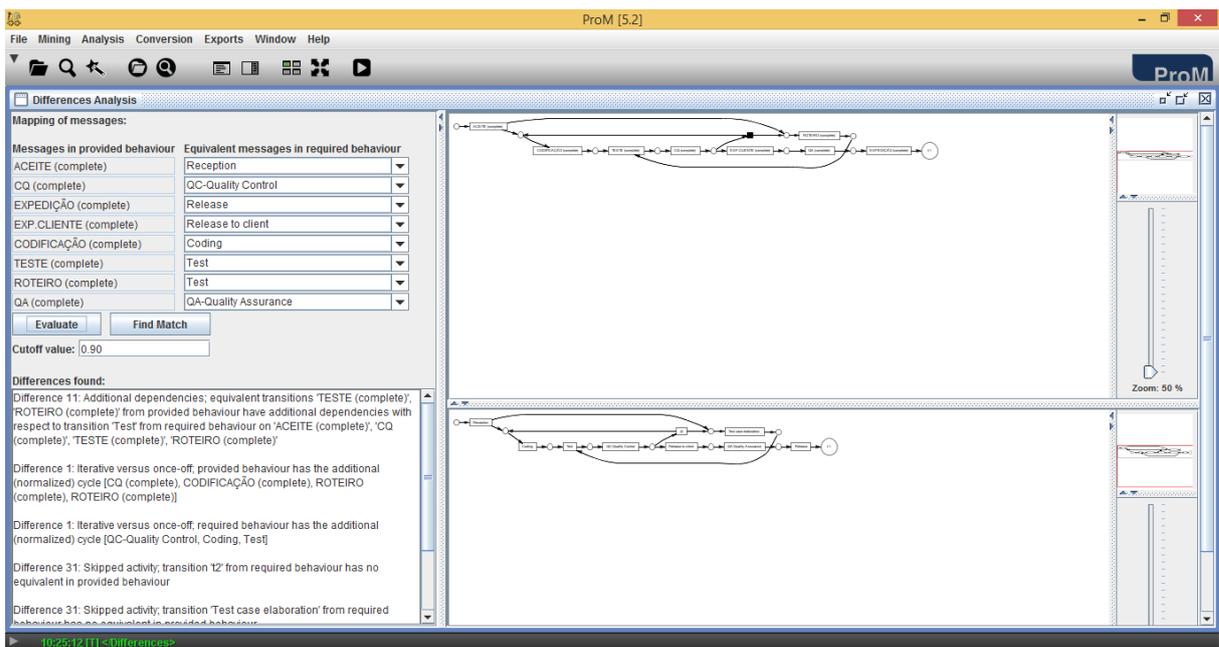
Figura 26 - Visualização do log não conforme



2.A.4-Compare Conformance between *de Facto* model and *de Jure* Model;

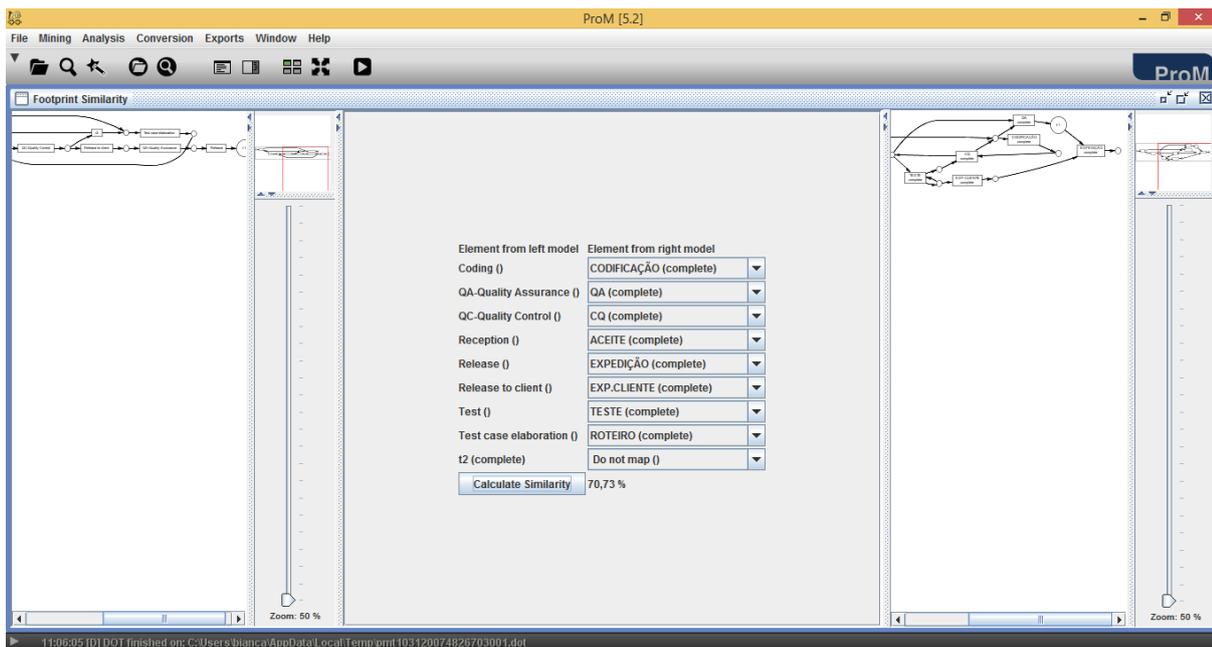
Nesta atividade foram comparados o modelo *de Jure* e modelo *de Facto*, através do plugin *Differences Analysis*, conforme apresentado na Figura 27. É necessário mapear as atividades entre os modelos, e como resultado, o algoritmo apresenta as diferenças entre os dois modelos.

Figura 27 - Comparação entre modelos



Os modelos também foram comparados por meio do *plugin Footprint Similarity*, cujo resultado é apresentado na Figura 28. Após mapear-se as atividades, este algoritmo calcula o percentual de similariedade entre dois modelos, que no *running example* foi de 70,73%. Salienta-se também que é possível comparar os modelos visualmente (i.e. manualmente).

Figura 28 – Comparação quantitativa entre modelos



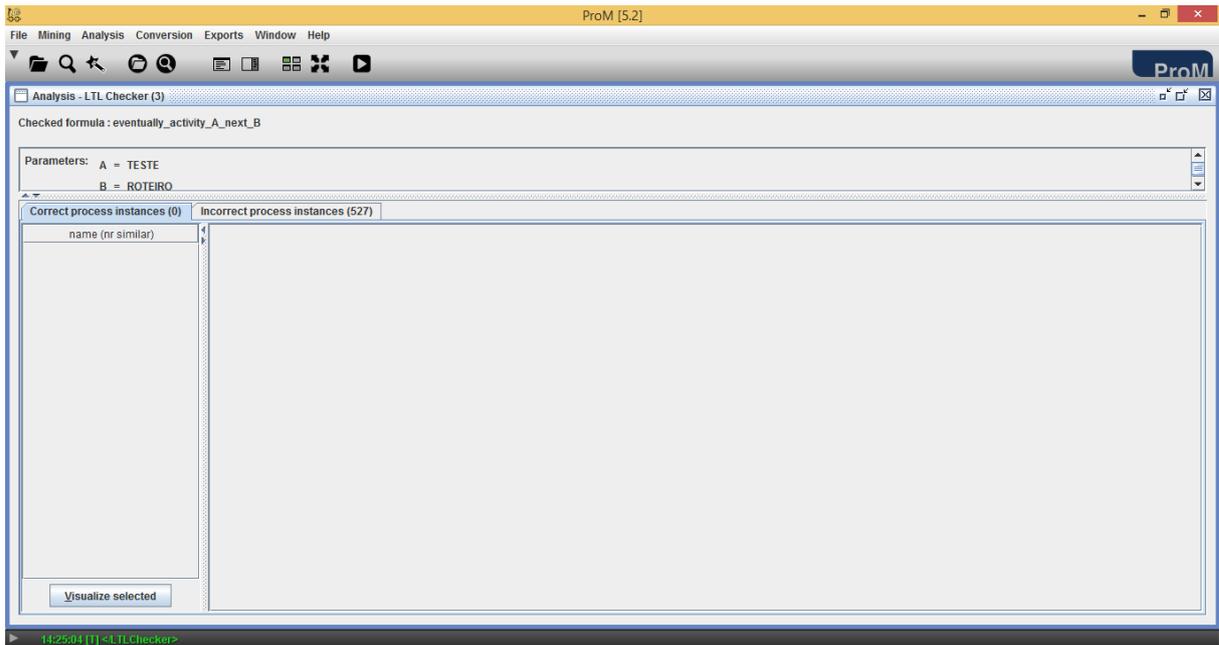
2.A.5-Check Conformance to Business Rules

Para esta atividade, foi verificada a conformidade do *log* em relação às regras de negócio capturadas previamente. São elas: a) atividade de "teste" não deve finalizar antes das atividades de elaboração do caso de teste e de codificação; b) quem realiza a atividade QA-Quality Assurance é alguém diferente do executor da atividade "teste"; e c) todas as atividades devem ser executadas em cada instância de processo.

a) A atividade "teste" não deve finalizar antes das atividades de elaboração do caso de teste e codificação.

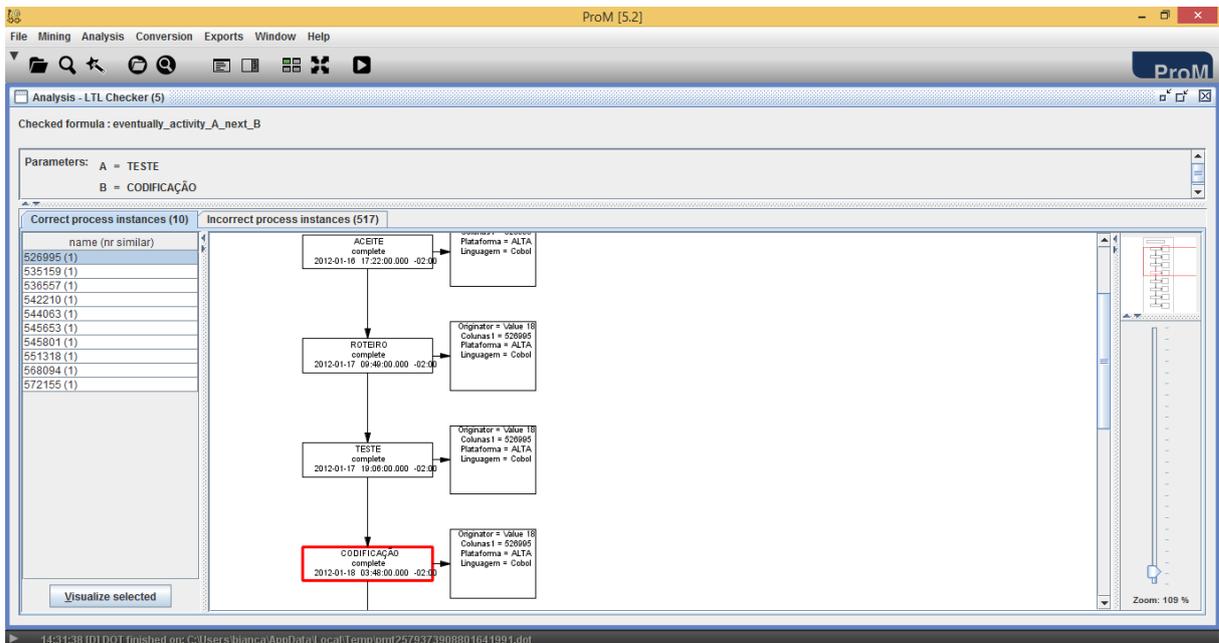
Para esta atividade foi utilizado o *plugin LTL Checker*, embora o *plugin SCIFF Checker*, com propósito similar, também pudesse ser utilizado. Não foi evidenciada, em nenhuma das 527 instâncias, a finalização da atividade TESTE (logo) antes da atividade ROTEIRO, conforme apresentado na Figura 29.

Figura 29 - Atividade TESTE antes da atividade ROTEIRO



Em 10 instâncias, entretanto, a atividade TESTE finalizou antes da finalização da atividade CODIFICAÇÃO, conforme apresentado na Figura 30, e portanto, violando a regra.

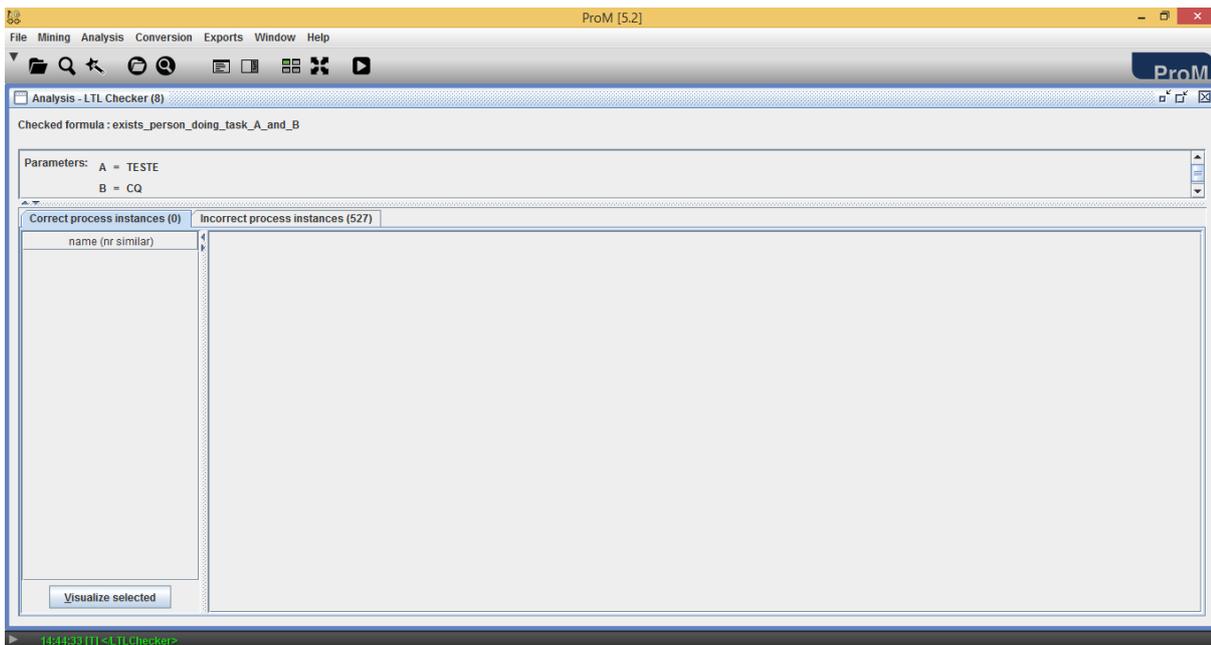
Figura 30 - Atividade TESTE antes da atividade CODIFICAÇÃO



b) quem realiza a atividade QC-QualityControl é alguém diferente do executor da atividade "teste"

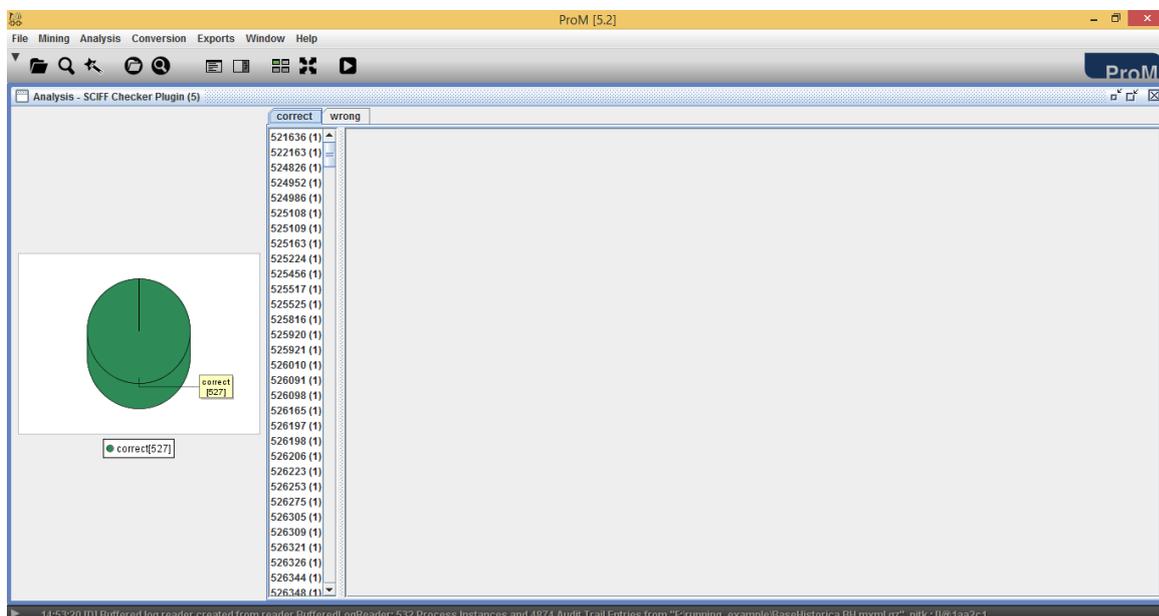
A regra "quem realiza a atividade QC-Quality Control é alguém diferente do executor da atividade teste" também foi verificada via *LTL Checker*, conforme resultado apresentado na Figura 31. Neste *running example*, nenhuma das 527 instâncias viola esta regra.

Figura 31- Regra quem executa TESTE não executa CQ



O mesmo resultado foi encontrado utilizando-se o plugin *SCIFF Checker*, como mostra a Figura 32.

Figura 32 - Quem executa TESTE não executa CQ / algoritmo alternativo



c) Todas as atividades devem ser executadas em cada instância de processo

Esta regra também não é violada. Isso foi verificado através do modelo (descoberto) Causal Net já apresentado na Figura 23. O processo envolve 527 instâncias e é possível ver no modelo que todas as atividades alcançam, no mínimo, este valor. Por outro lado, a atividade "codificação" é realizada 731 vezes. Isto ocorre porque algumas demandas sofrem retrabalho, ou seja, elas são reprovadas na atividade QC-Controle de Qualidade (que também é conduzida 731 vezes). Assim, 204 instâncias tiveram que executar "codificação" pelo menos duas vezes.

2.A.6-Examine Process Mining Results

Nesta atividade, fez-se a consolidação daquilo que foi descoberto nas atividades anteriores. Como descoberta principal, tem-se que em 10 instâncias a atividade de teste encerra antes da conclusão da atividade de codificação, o que denota que a versão final do código pode não ter sido testada. Em um contexto real de avaliação de processos, descobertas como esta, desde que associadas aos elementos do modelo de referência sendo investigado, fariam parte das descobertas a serem validadas, julgadas e reportadas como resultado principal da avaliação.

A interpretação e discussão dos resultados do running example serão feitas no passo metodológico 8-Interpretação e discussão dos resultados, na seção 6.

Nesta seção foram apresentados o desenvolvimento do método em si e os dois passos metodológicos associados (i.e. passos 4 e 5) foram descritos quanto à condução do processo e conteúdo.

A seção a seguir apresenta a aplicação do método, por meio da descrição quanto à condução do processo e conteúdo do passos metodológicos 6-Estudo de casos e 7-Revisão pelos especialistas.

5. APLICAÇÃO DO MÉTODO

A aplicação do método é apresentada nesta seção, a qual está dividida considerando os passos metodológicos 6-Estudo de casos e 7-Revisão pelos especialistas. Para cada um desses passos, são descritos tanto a condução do processo do passo metodológico como os resultados alcançados (i.e. conteúdo). Esta estruturação é mostrada no Quadro 28.

Quadro 28 – Aplicação do método conforme os passos metodológicos

Passo	Conteúdo	Processo	Objetivos específicos
Passo 6-Estudo de casos	O resultado associado à condução do “estudo de casos ” é descrito nesta seção secundária.	Nessa seção secundária, é apresentada a condução do processo referente ao estudo de casos, ou seja, o “teste” do método proposto.	OE 5
Passo 7-Revisão pelos especialistas	O resultado associado à condução da revisão do método pelos especialistas, é descrito nesta seção secundária.	Nessa seção secundária, é apresentada a condução do processo referente à revisão pelos especialistas	OE 5

Nota: A rastreabilidade quanto aos objetivos é também apresentada

5.1 ESTUDO DE CASOS

Nesta seção secundária, é apresentada a condução do processo referente ao estudo de casos. As tarefas “conduzir teste piloto”; “coletar os dados”; “analisar os dados” e “gerar relatório” foram realizadas. Em particular, o *running example* cumpriu adequadamente seu papel de ser o teste piloto dos casos, visto que grande parte das atividades propostas no método estendido foram executadas ao longo do *running example*, minimizando assim os riscos.

A única ressalva foi em relação ao número de casos, pois apresentaram-se dificuldades de se encontrar cenários reais de avaliações SCAMPI que atendessem a dois critérios chave, quais sejam, a) pré-disposição de organizações submetendo-se à avaliações SCAMPI, de realizarem-as na modalidade apoiada por mineração de processos e b) existência e subsequente disponibilização de dados no formato exigido pela mineração de processos. Diante disso, dois casos foram identificados como aderentes aos critérios chaves: caso A – “número mínimo recomendado de instâncias” e caso B – “todas as instâncias”. A estratégia, então, foi utilizar cenários construtivos: No caso A, a avaliação SCAMPI classe C foi conduzida utilizando-se

o número mínimo recomendado de instâncias (que posteriormente se demonstrou como sendo 10 instâncias) e no caso B foi utilizado o número máximo de instâncias de processos disponíveis (posteriormente, 1911, embora o número mínimo requerido pela regra presente no método SCAMPI atual seria de apenas 4 instâncias). Esta decisão sobre a estratégia de seleção foi tomada visando avaliar a aplicação do método estendido em um cenário onde se espera a maximização dos benefícios do método estendido.

Os casos se referiram à duas unidades organizacionais diferentes de uma mesma empresa de tecnologia da informação. Ambos são referentes à operações de manutenção de software para um único cliente cada. A manutenção dos softwares é realizada via atendimento de requisições de serviço utilizando-se de um ciclo de vida bastante enxuto, o qual é constituído basicamente de atividades como *abrir requisição de serviço; aceitar/enfileirar requisição de serviço; trabalho em progresso; pendente; submeter resolução e fechar requisição de serviço*. Este ciclo de vida é suportado por ferramentas de software, onde as requisições de serviço são registradas, atividades são feitas e o status de cada atividade é promovido à medida que tais atividades são finalizadas. As duas avaliações SCAMPI Classe C, objeto deste estudo de casos, visavam identificar o grau de aderência das operações às práticas selecionadas do modelo CMMI.

A seguir são apresentados, para ambos os casos, os resultados das tarefas “coletar os dados”; “analisar os dados” e “gerar relatório”, planejadas anteriormente como parte integrante deste estudo de casos.

Coletar os dados

Caso A – “número mínimo recomendado de instâncias”

A coleta de dados para este estudo de caso, deu-se mediante a condução de todas as atividades do método SCAMPI aplicável à uma avaliação Classe C. Entretanto, aqui são relatadas estritamente atividades (e os respectivos conteúdo e resultados) relacionadas à mineração de processos, a seguir.

1.1.1 Determine Appraisal Objectives

1.1.2 Determine Data Collection Strategy

1.1.4 Determine Appraisal Scope

1.2.1 Tailor Method

1.2.2 Identify Needed Resources

1.2.3 Develop Data Collection Plan1.3.1 Identify Appraisal Team Leader1.3.2 Select Team Members1.3.4 Prepare Team**1.A.1 Obtain Process Mining Artifacts****1.A.2 Obtain Process Mining Elements****2.A.1 Familiarize and Filter Event log****2.A.2 Discover Actual Process from Event Log****2.A.3 Check Conformance of Event Log with *de Jure* Model****2.A.4 Compare Conformance between *de Facto* model and *de Jure* Model****2.A.5 Check Conformance to Business Rules****2.A.6 Examine Process Mining Results**

Salienta-se que as atividades sublinhadas são atividades estendidas e em negrito, são as atividades novas ao método SCAMPI. Extratos do plano da avaliação referentes à mineração de processos são apresentados na cor cinza. Salienta-se também que alguns nomes foram omitidos visando manter os princípios de não-atribuição e confidencialidade associados ao estudo de casos.

1.1.1 Determine Appraisal Objectives

Nesta atividade, foram determinados os objetivos para esta avaliação Classe C, sendo que um deles foi identificado como passível de ser endereçado via mineração de processos:

Appraisal objectives

Some objectives of this appraisal:

- Evaluate current operations regarding CMMI-SVC best practices related to software support operations.
- Review the conformance of current operations in relation to <name> account's defined processes*.
- Identification of improvement opportunities.

*To be addressed using Process Mining.

1.1.2 Determine Data Collection Strategy

Nesta atividade, foram identificados quais eram os sistemas de informação que suportam os processos:

Information about Organization Processes

The conduction of the process of application support is performed through an information system called GSM, where activities are made and status of each activity is changed accordingly.

Typical flow of status is WAPPR (waiting for approval) -> QUEUED -> INPRG (in progress) -> SUBMITTED -> ACKNOWLEDGE -> COMP (complete) -> CLOSE, although other status (reflecting activities) could occur, such as PENDING and REWORK.

A partir do objetivo a ser endereçado pela mineração de processos, as seguintes questões foram identificadas, assim como as técnicas de mineração associadas à cada uma delas:

Questions to be answered aided by Process Mining

The following questions (and process mining techniques) were derived from the objective to be addressed by Process Mining (above):

Question	Process Mining technique
a) "To what degree the selected process instances followed every CMMI practice?"	Conformance checking
b) "The sequence, or parallelism, of the implementation of activities was respected?"	Conformance checking
d) "The items of the organizational policy are being met?"	Business rules conformance checking
e) "Who are the executors of each activity?" "Are they the planned roles of executors, as per the organization's processes?"	Process discovery and Conformance checking
f) "What is the process actually performed in the organization?"	Process discovery
g) "To what extent the performed processes, in general, follow the Service Delivery (SD) practices?"	Conformance checking
i) "To what extent the performed processes, in general, follow the standard process of the organization?"	Conformance checking

1.1.4 Determine Appraisal Scope

Nesta atividade, foram determinados o escopo do modelo de referência e da organização, a serem examinados mediante mineração de processos:

Appraisal Scope

Model scope

Considering CMMI-SVC model scope, the following process area will be examined. This scope will also be examined by Process Mining, since it is implemented via a standard organizational process and supported by an information system that has event log exportation capability.

Process Area	Applicability
Service Delivery (SD)	Yes
Capacity and Availability Management (CAM)	No. Out of scope
Causal Analysis and Resolution (CAR)	No. Out of scope
Configuration Management (CM)	No. Out of scope
Decision Analysis and Resolution (DAR)	No. Out of scope
Incident Resolution and Prevention (IRP)	No. Out of scope
Integrated Work Management (IWM)	No. Out of scope
Measurement and Analysis (MA)	No. Out of scope
Organizational Process Definition (OPD)	No. Out of scope
Organizational Process Focus (OPF)	No. Out of scope
Organizational Performance Management (OPM)	No. Out of scope
Measurement and Analysis (MA)	No. Out of scope
Organizational Process Definition (OPD)	No. Out of scope
Organizational Process Focus (OPF)	No. Out of scope
Organizational Performance Management (OPM)	No. Out of scope
Organizational Process Performance (OPP)	No. Out of scope
Organizational Training (OT)	No. Out of scope
Process and Product Quality Assurance (PPQA)	No. Out of scope
Quantitative Work Management (QWM)	No. Out of scope
Requirements Management (REQM)	No. Out of scope
Risk Management (RSKM)	No. Out of scope
Supplier Agreement Management (SAM)	No. Out of scope
Service Continuity (SCON)	No. Out of scope
Service System Development (SSD)	No. Out of scope
Service System Transition (SST)	No. Out of scope
Strategic Service Management (STSM)	No. Out of scope
Work Monitoring and Control (WMC)	No. Out of scope
Work Planning (WP)	No. Out of scope

Regarding the Service Delivery generic practices to be examined by Process Mining techniques, the following ones were selected, since they fit to be examined by Process Mining, due to their characteristic of being a process, when implemented, as well as being the data in the expected format:

GP 2.1-Establish an Organizational Policy

GP 3.1-Established a Defined Process

GP 2.7-Identify and Involve Relevant Stakeholders

The following Service Delivery specific practices were selected to be examined through Process Mining, using the same criteria (i.e., a) characteristic of being a process, when implemented and b) data in an expected format):

(SD) SP 3.1 Receive and Process Service Requests

(SD) SP 3.2 Operate the Service System

Organizational Scope

Organizational unit

Process instances selection

In order to select the process instances, the recommended sampling rules established in SCAMPI MDD were considered.

In the organization unit, there are two types of work (service requests and incidents). Incidents are divided in the first four priorities. Service requests are considered as fifth priority. It resulted in 06 subgroups, as below, since there is another type of work called "others" with only 2 units (i.e. instances). Table below presented the values of sampling size and process instances considered for each subgroup.

Subgroup	Units	Minimum number	Rounded	Number considered	Selected instances
Incident, Priority 1	61	0,0947	1	1	#1337
Incident, Priority 2	325	0,519	1	1	#2419
Incident, Priority 3	3344	5,343	5	5	#0456, #1620, #2987, #3366, #3725

Incident, Priority 4	19	0,030	1	1	#3200
Service Request, Priority 5	4	0,00639	1	1	#2835
Others, no priority	2	0,00319	1	1	#1942
Total	3755		10	10	

OBS: Minimum number of units to be selected per subgroup = (number of subgroups x number of units in the given subgroup) / total number of units.

1.2.1 Tailor Method

Nesta atividade, foi registrado no plano da avaliação que esta avaliação usaria a abordagem “verificação” para a coleta de dados.

Tailoring

Data collection approach will be “verification”.

1.2.2 Identify Needed Resources

Nesta atividade, foram identificadas as ferramentas necessárias para a mineração de processos. Em virtude da experiência do avaliador em mineração de processos, não se fez necessário identificar conhecimentos, habilidades e treinamento adicionais.

Process Mining tools

Process Mining tools, in particular Prom 5.2 and Disco will be used. If needed, WoPeD tool could be used to create the *de Jure* model.

Appraisal team

OBS: Appraisal leader has the required knowledge and experience regarding Process Mining techniques and tools.

1.2.3 Develop Data Collection Plan

Nesta atividade, foi elaborada a seção do plano da avaliação referente à coleta de dados.

PAISs – Process Aware Information Systems

<name> account uses a system that supports the operation of application support. It is called <name> and activities to solve the service requests are performed in this tool. Activities are recorded as status-change in the tool. In addition, the executor (of activities), timestamps, the number of each service order, and other attribute data (ex: priority) are recorded by the tools, which also has the feature of exporting data to an excel file.

Process Mining related Objective Evidence

The following table brings for each process instances for each selected practice, what is the objective evidence and how it will be examined using Process Mining.

Process Area	Practices	Instances	Objective Evidence	Process Mining technique / algorithm	PM algorithm / business rule / activity	Team member
Service Delivery (SD)	SP 3.2	All	Artifact containing data reflecting the conduction of application support process	Process discovery	Any process discovery algorithm	Arthur
Service Delivery (SD)	SP 3.2	All	Artifact containing data reflecting the conduction of application support process	Process discovery	Any process discovery algorithm	Arthur
Service Delivery (SD)	GP 2.1	All	Artifact containing data reflecting the conduction of application support process	Business rules conformance checking	SCIFF or LTL checker algorithm / "existence" business rule	Arthur
Service Delivery (SD)	GP 3.1	All	Artifact containing data reflecting the conduction of application support process	Process discovery	Any process discovery algorithm	Arthur
Service Delivery (SD)	GP 2.7	All	Artifact containing data reflecting the conduction of application support process	Process discovery / Conformance checking	Any social network algorithm / Organizational perspective	Arthur

Process Mining artifacts and element

The table below presents the major process mining artifacts and elements needed for this appraisal:

Artifact or element	Description	Task for obtaining or generating it	Responsible
Event log	Data from <name> should be accessible by appraisal team. It should contain, for each process instance, ID, activity name, executor, timestamps, and other attribute data (ex: priority, work type)	Exportation from GSM tool	<name> (under orientation from Arthur)
De Jure Model	Description of the standard process regarding application support	If it does not exist, generate the <i>de Jure</i> process model based on current information available	Arthur
Business rules	Descriptions of restrictions that may apply to application support operations	Provide business rules or at a minimum information for identifying them	<name>

1.3.1 Identify Appraisal Team Leader

Nesta atividade, foi enfatizada a responsabilidade do líder quanto à garantia de que o processo será seguido:

Appraisal team

Role	Member name	Process Area
Appraisal leader, process appraisal monitor, timekeeper, process mining analyst	Arthur Valle	Service Delivery (SD)

1.3.2 Select Team Members

Esta atividade foi considerada não aplicável, uma vez que a avaliação seria conduzida apenas pelo líder.

1.3.4 Prepare Team

Esta atividade foi considerada não aplicável, uma vez que a avaliação foi conduzida apenas pelo líder, o qual já possuía conhecimento e experiência em mineração de processos, e sendo assim, não necessitava receber treinamento específico em mineração de processos.

1.A.1 Obtain Process Mining Artifacts

Nesta atividade, foi obtido o *log* de eventos a partir da extração de dados da ferramenta <name>. A Figura 33 apresenta um extrato dos dados recebidos. O *log* era constituído dos seguintes tipos de dados: a) Número da ordem de serviço; b) Prioridade (1, 2, 3, 4, 5, “blank”); c) Nome das atividades (WAPPR, QUEUED, INPR, PENDING, SUBMITTED, ACKNOWLEDGE, COMP, CLOSE, REWORK e CANCEL); e) *Timestamp*; f) Nome dos recursos que executaram cada atividade; g) Outros dados atributos.

Figura 33 - Dados (extrato)

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Ticket #	Ticket_num	Originatir Record	Pri	Classification	Createdby	Creation Date	Status History
1	Tarefa0001	Tarefa0001	OS0001	3	Classificacao0001	Pessoa0001	Apr 15, 2015 7:53 AM	ACKNOWLEDGE
2	Tarefa0002	Tarefa0002	OS0001	3	Classificacao0001	Pessoa0001	Apr 20, 2015 6:44 AM	ACKNOWLEDGE
3	Tarefa0003	Tarefa0003	OS0001	3	Classificacao0001	Pessoa0001	Apr 6, 2015 4:57 AM	ACKNOWLEDGE
4	Tarefa0004	Tarefa0004	OS0001	3	Classificacao0001	Pessoa0001	Apr 21, 2015 8:05 AM	ACKNOWLEDGE
5	Tarefa0005	Tarefa0005	OS0002	3	Classificacao0001	Pessoa0002	Apr 24, 2015 9:34 AM	ACKNOWLEDGE
6	Tarefa0006	Tarefa0006	OS0003	2	Classificacao0002	Pessoa0003	Apr 2, 2015 10:04 AM	ACKNOWLEDGE
7	Tarefa0007	Tarefa0007	OS0004	3	Classificacao0003	Pessoa0004	Apr 16, 2015 12:43 PM	ACKNOWLEDGE

Na ferramenta Disco, estes dados foram preparados e posteriormente mapeados para os tipos de dados requeridos pela mineração de processos e então exportados no formato MXML, o qual pode ser importado pelo ProM 5.2. A preparação dos dados envolveu tão somente a replicação dos dados referentes ao número das ordens de serviços, de maneira que este dado, agora do tipo atributo, pudesse ser utilizado para filtragem de somente 10 instâncias a serem consideradas na avaliação. Além disso, os nomes dos recursos foram transformados para se tornarem anônimos.

1.A.2 Obtain Process Mining Elements

Nesta atividade foram obtidos o modelo de processo *de Jure* e as regras de negócio aplicáveis. O modelo de processo foi construído na ferramenta WoPeD (www.woped.org) a partir das informações repassadas pelo ponto focal da avaliação e depois importado pelo ProM. O modelo *de Jure* é apresentado na Figura 34. No modelo, é possível perceber, que as atividades *Pending* e *Rework*, são de certa forma, opcionais.

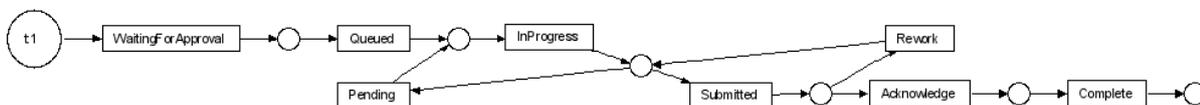


Figura 34 - modelo *de Jure*

Quanto às regras de negócio, as seguintes regras foram identificadas a partir das políticas organizacionais, com apoio do ponto focal da avaliação:

- a) Um mesmo analista não pode executar as atividades “submit” e “acknowledge”;
- b) Em uma determinada instância de processos, no mínimo as atividades WAPPR, QUEUED, INPRG, SUBMITTED, ACKNOWLEDGE e COMPLETE devem ser executadas, nesta ordem;
- c) Se há alguma atividade de retrabalho, uma nova atividade “submit” deve ser realizada.

Decorrente das práticas do CMMI a serem investigadas nesta avaliação classe C, quais sejam, GP 2.1-Establish an Organizational Policy; GP 3.1-Established a Defined Process; GP 2.7-Identify and Involve Relevant Stakeholders;

SD SP 3.1 Receive and Process Service Requests e SD SP 3.2 Operate the Service System; foram adicionalmente identificadas as seguintes regras de negócio:

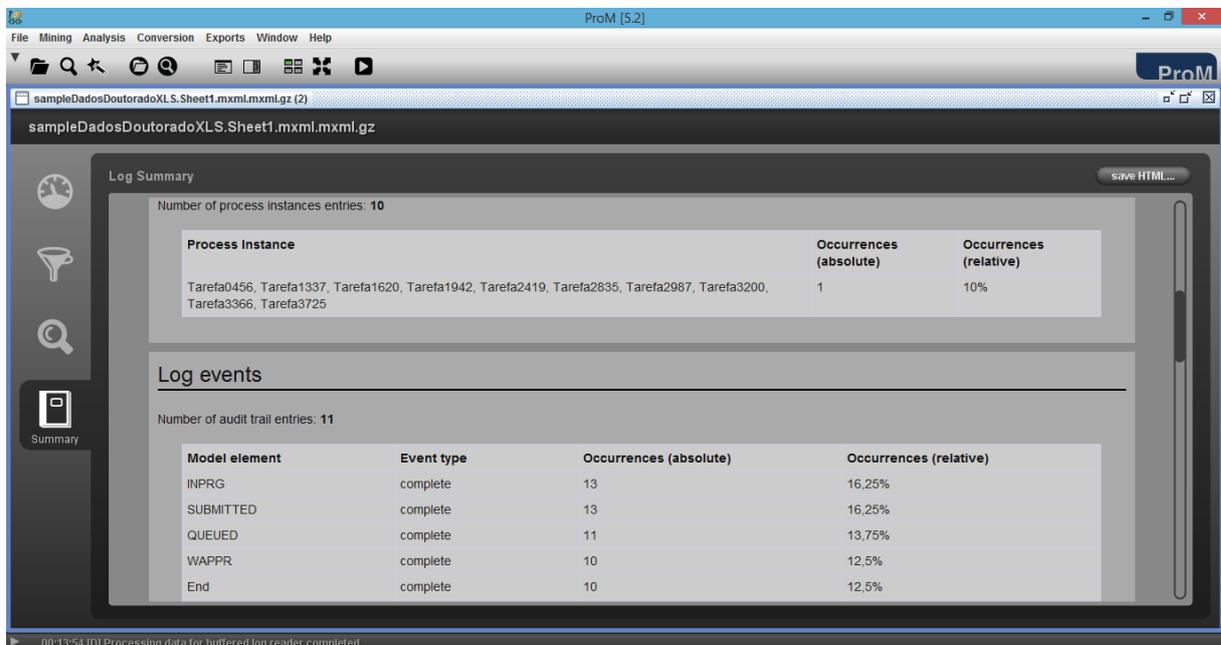
- d) As ordens de serviço deverão seguir variações permitidas do processo padrão organizacional (endereçando a prática GP 3.1).
- e) Toda ordem de serviço deve ser enfileirada (endereçando a prática SD SP 3.1).
- f) Toda ordem de serviço deve ser submetida, depois ser “acknowledged” e completada (endereçando a prática SD SP 3.2).

Salienta-se que possíveis regras de negócio derivadas da prática GP 2.1 já foram identificadas nas regras de negócio b) e c). O mesmo ocorre em relação à prática GP 2.7 e à regra de negócio a).

2.A.1 Familiarize and Filter Event log

Como o *log* trazia apenas 10 instâncias, não foi complicado obter-se uma visão geral das características do *log* a partir da função *Log Summary* do ProM, apresentada na Figura 35. Além disso, não foi necessário filtrar o log.

Figura 35 - Log Summary



2.A.2 Discover Actual Process from Event Log

Nesta atividade foi descoberto o processo refletido pelas 10 instâncias. Foram utilizados os algoritmos o Heuristics Miner (Figura 36) e o Alpha Miner (Figura 37).

Figura 36 - Heuristic Miner

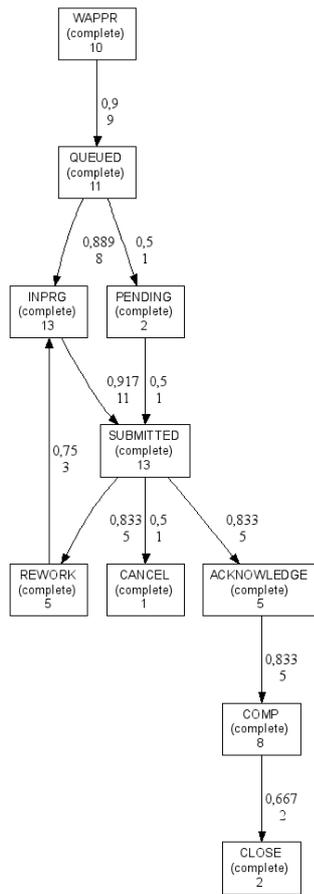
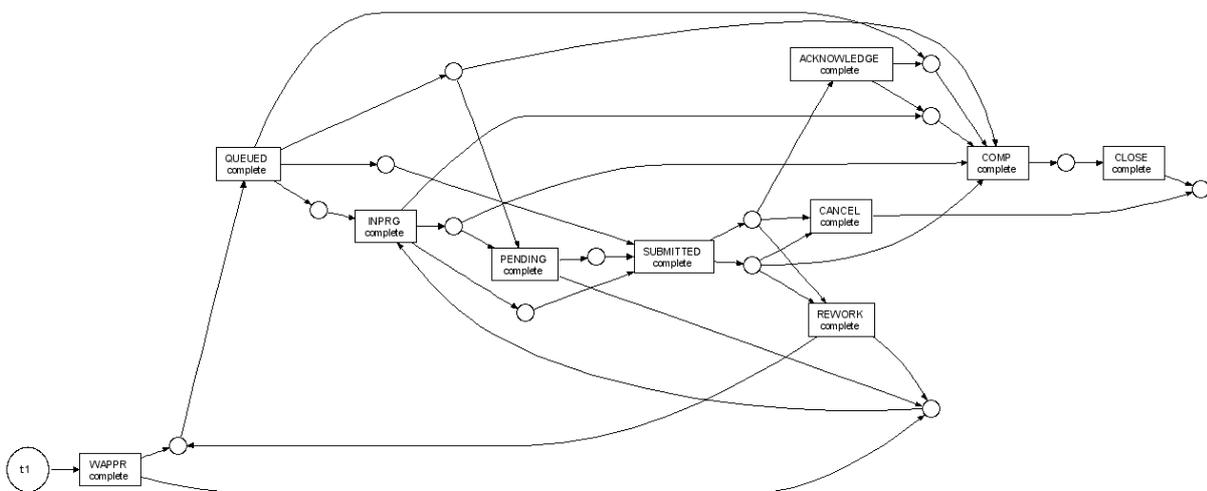
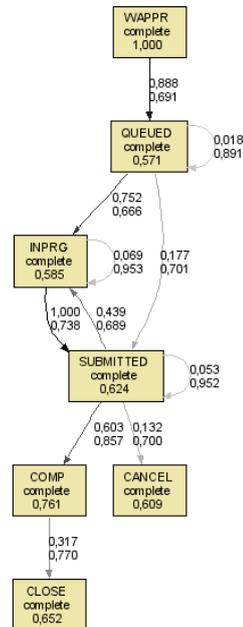


Figura 37 - Alpha Miner



Também foi aplicado o algoritmo Fuzzy Miner, resultando no modelo *de Facto* apresentado na Figura 38.

Figura 38 -Fuzzy Miner



Além da descoberta do processo, foi possível descobrir também modelos organizacionais via os algoritmos *Organizational Miner* e *Role Hierarchy Miner*, representados respectivamente na Figura 39 e Figura 40. Os modelos organizacionais permitem identificar, entre outros aspectos, quais perfis executam quais atividades e quais outros perfis executam as mesmas atividades. Por exemplo, pode-se perceber, nos dois modelos, que apenas o usuário 0072 é quem encerra as ordens de serviço.

Figura 39 - Organizational Miner

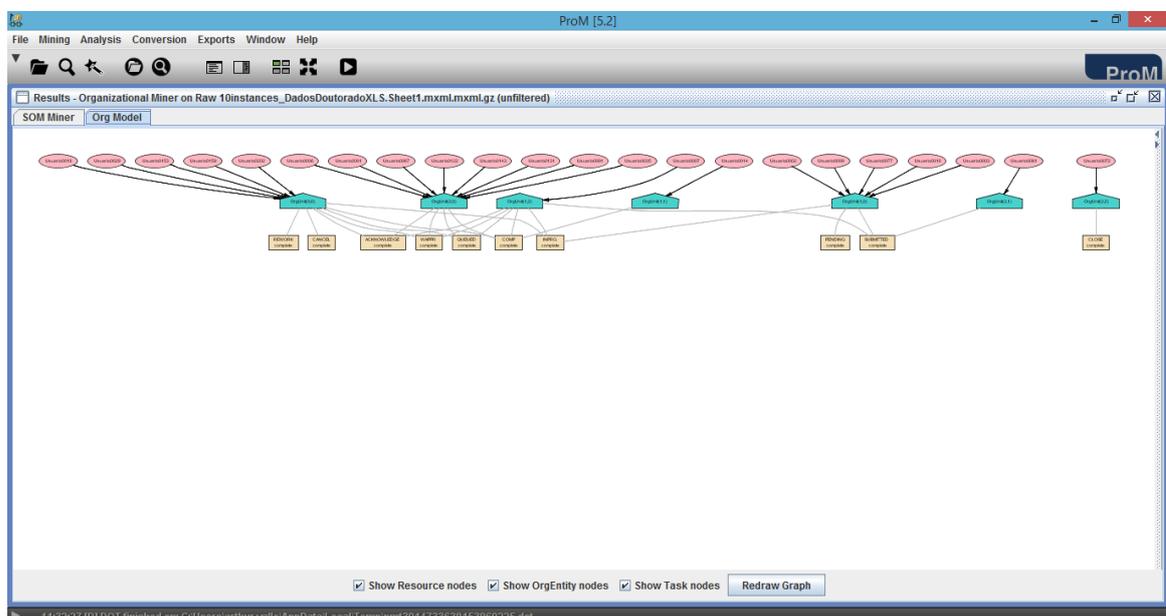
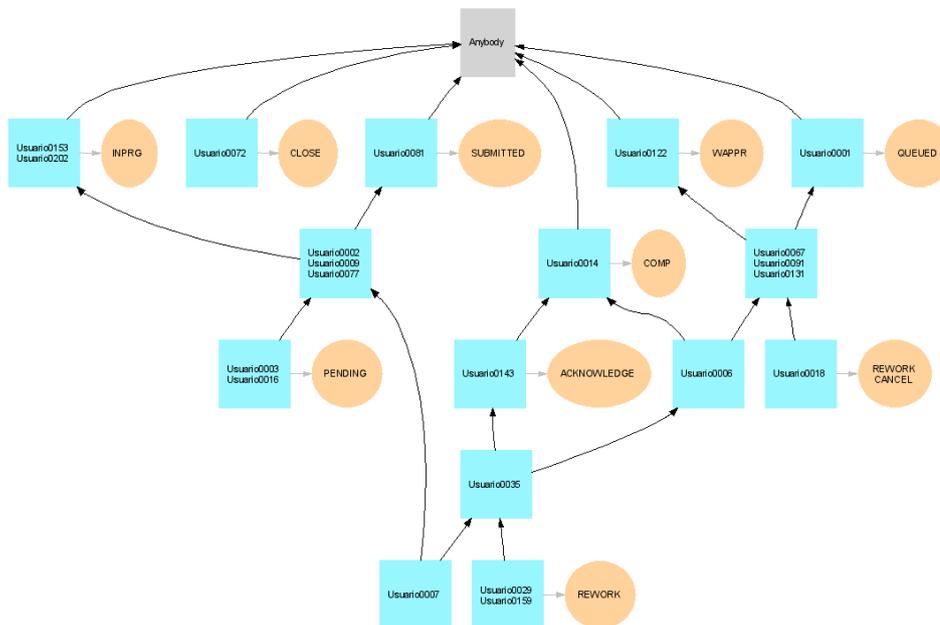


Figura 40 - Role Hierarchy Miner



2.A.3 Check Conformance of Event Log with *de Jure* Model

Para esta atividade, fez-se necessário importar o modelo *de Jure*, para que este pudesse ser comparado em relação ao log de eventos. Também foi necessário mapear os eventos no *log* com as atividades no modelo *de Jure*, conforme apresentado na Figura 41. O modelo *de Jure* importado foi o modelo já apresentado na Figura 34.

Figura 41 - mapeamento Log para modelo *de Jure*

Settings for importing sampleDadosDoutoradoXLS.Sheet1.mxml.mxml.gz using PNML file

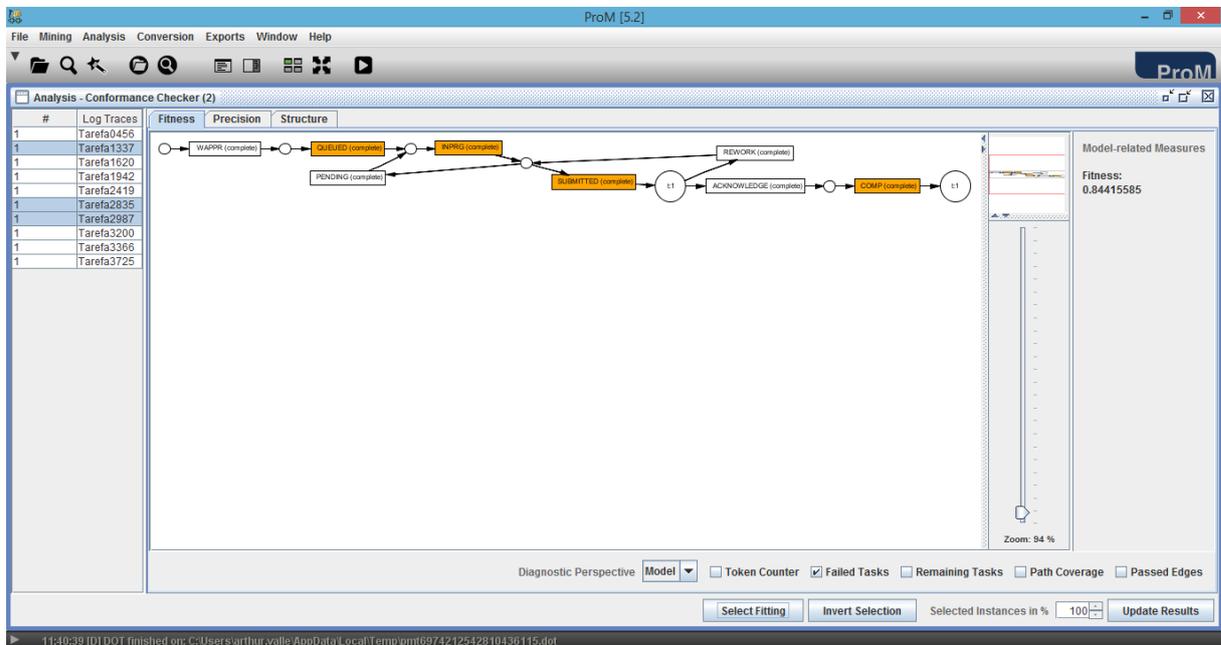
Mapping of workflow log events:

Events found in imported model:	Events in Log:	New label, after attaching selected log to imported model:
Acknowledge	End (complete)	End (complete)
Complete	COMP (complete)	COMP (complete)
InProgress	End (complete)	End (complete)
Pending	PENDING (complete)	PENDING (complete)
Queued	QUEUED (complete)	QUEUED (complete)
Rework	REWORK (complete)	REWORK (complete)
Submitted	SUBMITTED (complete)	SUBMITTED (complete)
WaitingForApproval	WAPPR (complete)	WAPPR (complete)

Ok Cancel

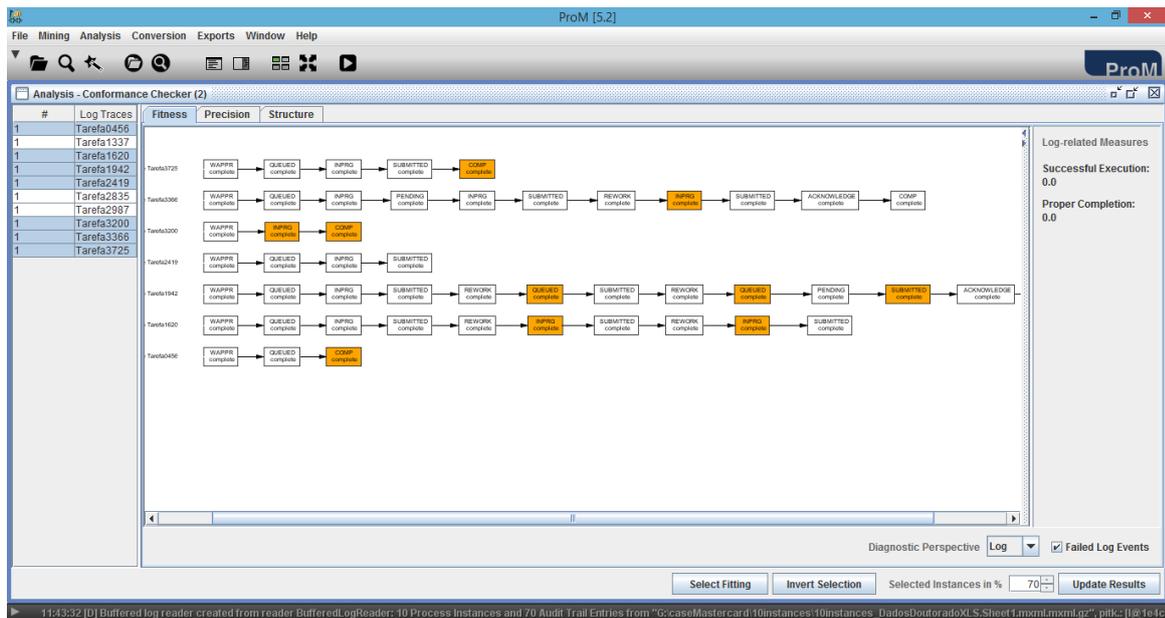
Para a análise de conformidade, foi aplicado o algoritmo *Conformance Checking*. Este algoritmo apresenta como resultado o indicador *Fitness*, que mede o grau em que as instâncias refletidas no *log* seguem o processo do modelo *de Jure*. O fitness foi de 0,844, o que é alto, embora o método SCAMPI não permita um critério quantitativo para julgamento da implementação das práticas. Por meio da função “*select fitting*”, a qual indica as instâncias 100% conforme, pode ser percebido que apenas 3 das 10 instâncias estão em conformidade, como visto, na coluna à esquerda na Figura 42, a qual realça também quais as atividades que “falharam” em cada instância.

Figura 42 - Conformance Checking Fitness



No algoritmo, foi possível também explorar cada uma das 7 instâncias não-conformes e identificar cada desvio em relação ao modelo *de Jure*. Por exemplo, na Figura 43, as não-conformidades em cada instância são apresentadas com realce.

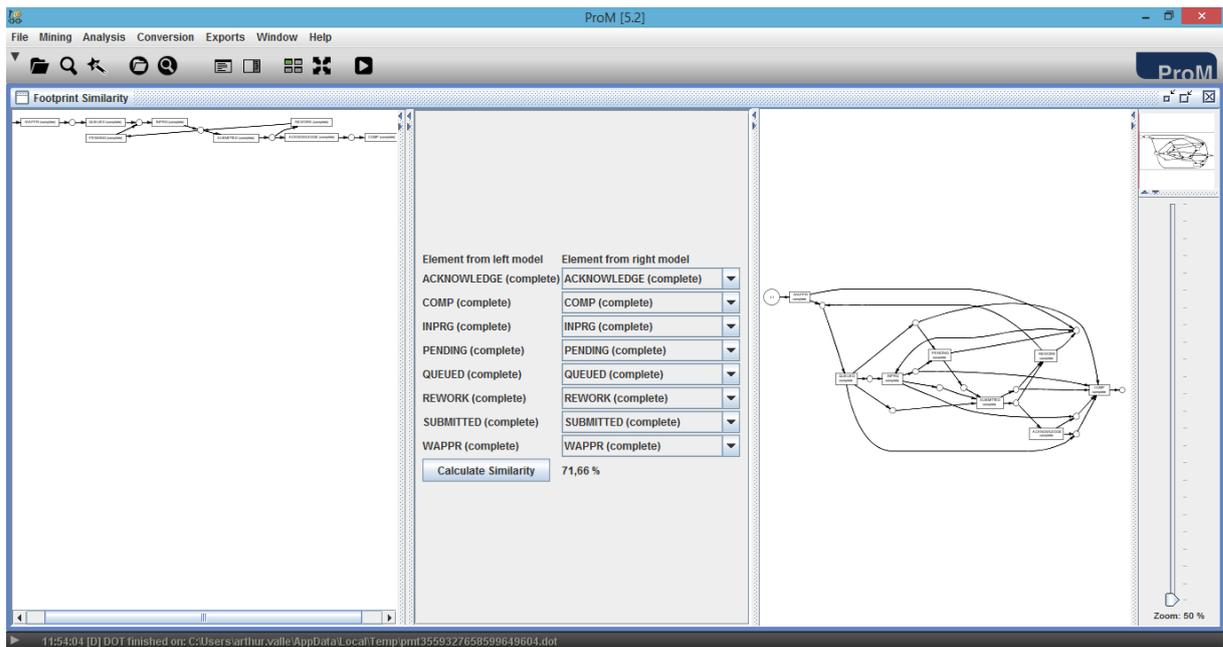
Figura 43 - Não conformidades em cada instância



2.A.4 Compare Conformance between *de Facto* model and *de Jure* Model

Nesta atividade foi feita a comparação quantitativa entre o modelo *de Jure* e o modelo *de Facto*, por meio do algoritmo *Footprint Similarity*, utilizando-se do formato Petri Net. O resultado foi de 71,66%, e poderia ser considerado satisfatório se o método SCAMPI determinasse critérios quantitativos para julgamento da implementação das práticas, o que não é o caso. Além da comparação quantitativa, uma comparação manual (i.e. visual) foi feita com a ajuda do mesmo algoritmo, o qual posiciona ambos os modelos na mesma tela, conforme apresentado na Figura 44. A análise visual demonstrou, a partir do modelo *de Facto* em formato Rede de Petri, que a execução e ordem das atividades obrigatórias não são asseguradas para todas as instâncias do processo.

Figura 44 - Footprint Similarity



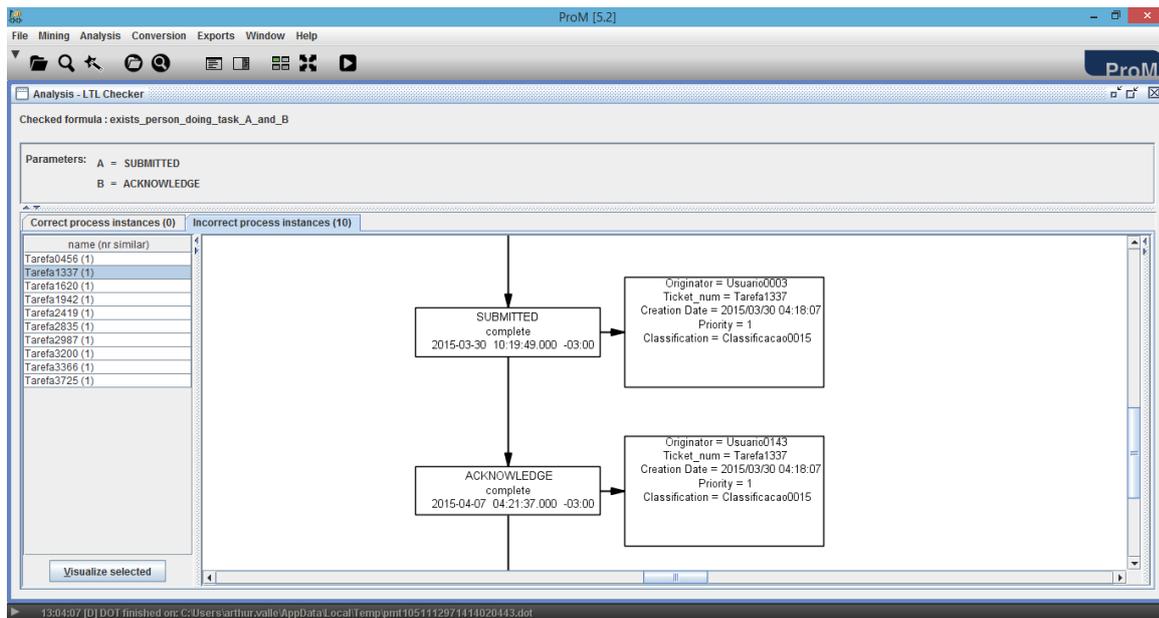
2.A.5 Check Conformance to Business Rules

A seguir é descrito como foi examinada cada regra de negócio, capturadas na atividade 1.A.2-Obtain Process Mining Elements:

a) Um mesmo analista não pode executar as atividades “submit” e “acknowledge”.

Para esta regra de negócio, foi aplicado o algoritmo *LTL Checker*, com a parametrização “exists person doing task SUBMITTED and ACKNOWLEDGE”. Ou seja, foi verificado se quem executou a atividade “submitted”, executou também a atividade “acknowledge”, o que não é permitido. Como resultado da aplicação do algoritmo, foi identificado que todas as 10 instâncias cumprem tal regra, conforme apresentado na Figura 45.

Figura 45 - Um mesmo analista não pode executar as atividades *submit* e *acknowledge*



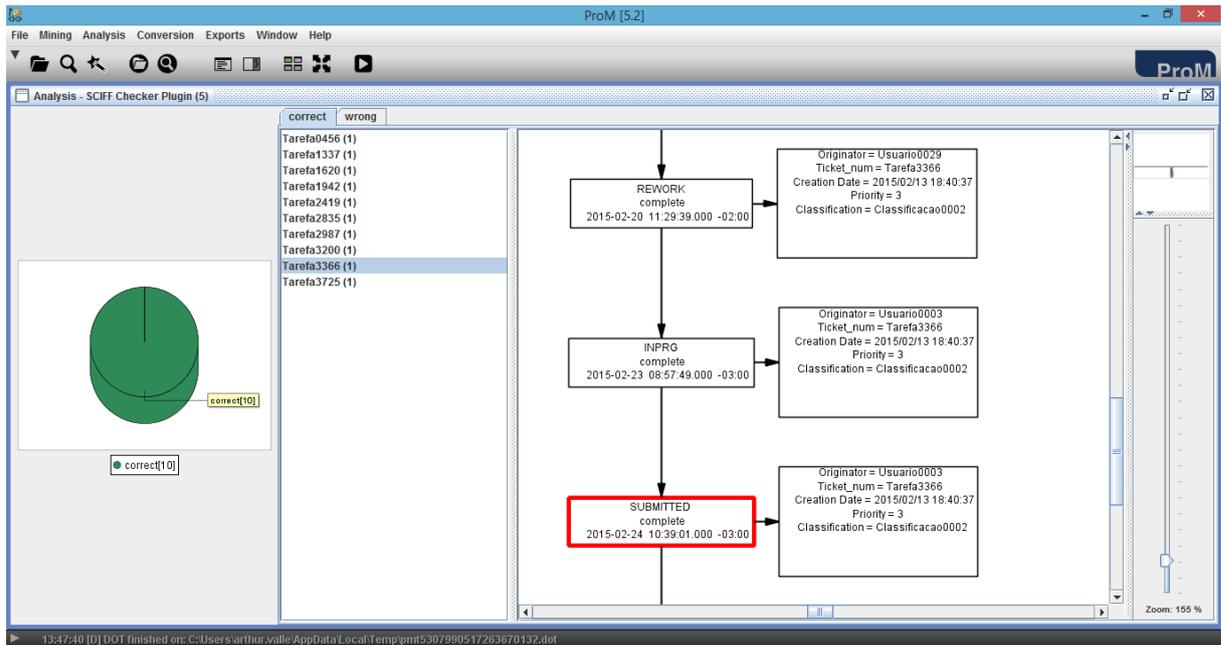
b) Em uma determinada instância de processo, no mínimo as atividades WAPPR, QUEUED, INPRG, SUBMITTED, ACKNOWLEDGE e COMPLETE devem ser executadas, nesta ordem.

Na atividade 2.A.3-Check Conformance of Event Log with *de Jure* Model já foi identificado que 7 das 10 instâncias não seguiram o processo definido (o qual prevê tais atividades, nesta ordem), conforme apresentado anteriormente na Figura 42.

c) Se há alguma atividade de retrabalho, uma nova atividade “submit” deve ser realizada.

Para esta regra de negócio, foi utilizado o algoritmo *LTL Checker* (embora o algoritmo *SCIFF Checker* chegaria ao mesmo resultado). A fórmula verificada foi “if activity REWORK is performed then activity SUBMITTED should be performed”. Como resultado, apresentado na Figura 46, não foram encontradas instâncias que violam tal regra de negócio.

Figura 46 - Se há alguma atividade de retrabalho, uma nova atividade “submit” deve ser realizada



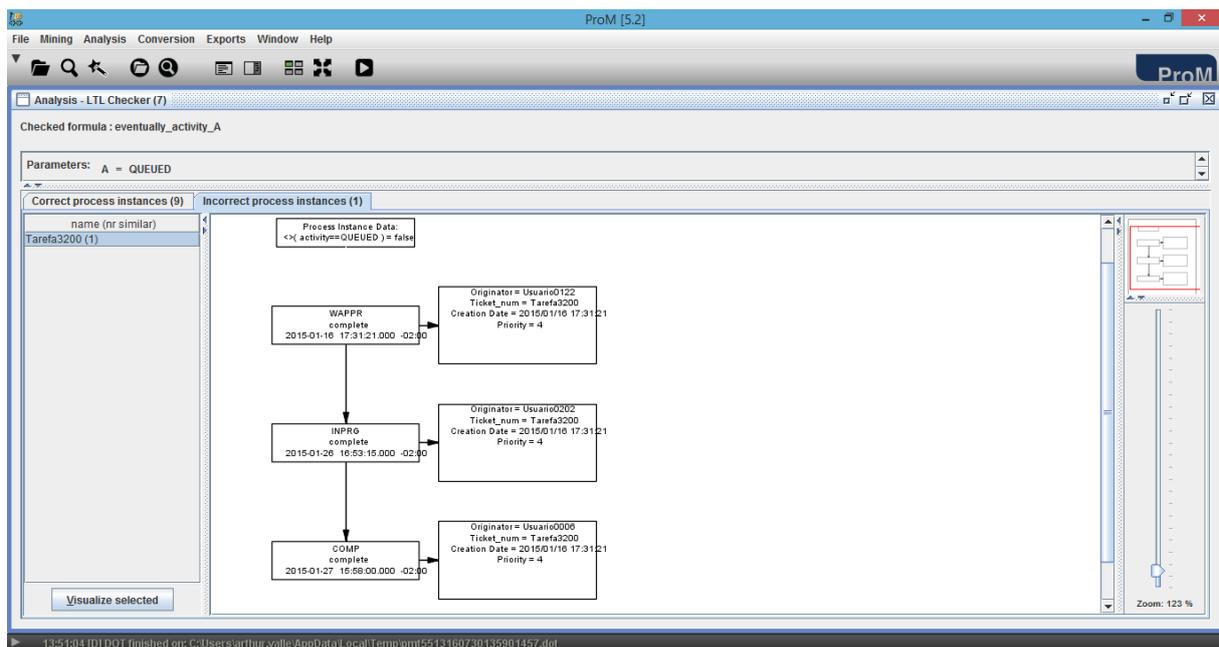
d) As ordens de serviços deverão seguir variações permitidas do processo padrão organizacional (endereçando a prática GP 3.1).

Esta regra já foi examinada quando da verificação de conformidade entre o log e o modelo *de Jure* na atividade 2.A.3-Check Conformance of Event Log with *de Jure* Model. Tal atividade identificou que 7 das 10 instâncias não seguiram o processo definido (ou seja, variantes permitidas do processo padrão organizacional), conforme Figura 42, apresentada anteriormente.

e) Toda ordem de serviço deve ser “enfileirada” (endereçando a prática SD SP 3.1).

Para esta regra de negócio, foi utilizado o algoritmo *LTC Checker* (embora o algoritmo *SCIFF Checker* chegaria ao mesmo resultado). A fórmula verificada foi “*eventually activity A = QUEUED*”. Como resultado, apresentado na Figura 47, foi encontrada apenas uma instância (#3200) que viola esta regra de negócio.

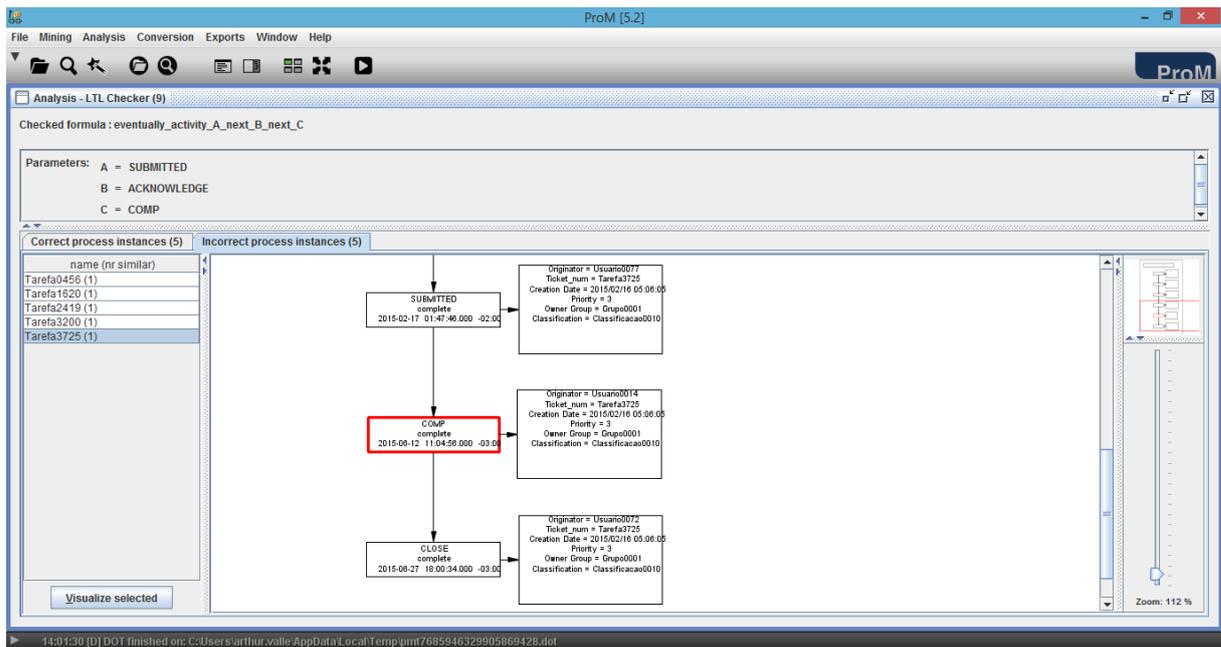
Figura 47 - Toda ordem de serviço deve ser enfileirada



f) Toda ordem de serviço deve ser submetida, depois ser “*acknowledged*” e completada (endereço a prática SD SP 3.2).

Para esta regra de negócio, novamente foi utilizado o algoritmo *LTC Checker* (embora o algoritmo *SCIFF Checker* chegaria ao mesmo resultado). A fórmula verificada foi “*eventually activity A = SUBMITTED next B = ACKNOWLEDGE next C = COMP*”. Como resultado, apresentado na Figura 48, foram encontradas 5 instâncias (#0456, #1620, #2419, #3200 e #3725) que violam esta regra de negócio.

Figura 48 - Toda ordem de serviço deve ser submetida, depois ser “acknowledged” e completada



2.A.6 Examine Process Mining Results

Para esta atividade, foram levadas em consideração as evidências objetivas baseadas nos artefatos derivados da mineração de processos, encontradas na execução das atividades do método estendido, e a partir destes, foram identificados os *findings* em relação à implementação de cada prática do modelo CMMI, a seguir:

GP 2.1-Establish an Organizational Policy

Foi possível perceber, a partir da aplicação dos algoritmos de mineração de processos, em especial nas atividades 2.A.5-Check Conformance to Business Rules, que a política organizacional foi desrespeitada em algumas instâncias selecionadas, no que tange a execução mínima, em cada ordem de serviço, das atividades WAPPR, QUEUED, INPRG, SUBMITTED, ACKNOWLEDGE e COMPLETE, nesta ordem. Diante disso, a descoberta relacionada à esta prática foi *“The organizational policy item regarding minimum conduction of certain ordered activities in each service order was not followed in some of the selected service orders”*.

GP 3.1-Established a Defined Process

Foi possível perceber, a partir da aplicação dos algoritmos de mineração de processos, em especial na atividade 2.A.3-Check Conformance of Event Log with *de Jure* Model, que o processo definido não foi seguido em algumas das instâncias

selecionadas. Diante disso, a descoberta relacionada à esta prática foi *“Some selected service orders have not completely followed the defined process”*.

GP 2.7-Identify and Involve Relevant Stakeholders

Foi possível perceber, a partir da aplicação dos algoritmos de mineração de processos, em especial na atividade 2.A.5-Check Conformance to Business Rules, que em todas as instâncias de processo selecionadas, quem executa a atividade “submit” não executa a atividade “acknowledge”. Também foi possível o mesmo resultado utilizando-se os modelos organizacionais gerados na atividade 2.A.2 Discover Actual Process from Event Log. Diante disso, não há descoberta relacionada à esta prática.

SD SP 3.1 Receive and Process Service Requests

Foi possível perceber, a partir da aplicação dos algoritmos de mineração de processos, em especial na atividade 2.A.5-Check Conformance to Business Rules, que uma das instâncias selecionadas não “enfileirou” a requisição de serviço. Diante disso, a descoberta relacionada à esta prática foi *“One selected service order has not queued the service request ticket.”*

SD SP 3.2 Operate the Service System

Foi possível perceber, a partir da aplicação dos algoritmos de mineração de processos, em especial na atividade 2.A.5-Check Conformance to Business Rules, que em metade das instâncias selecionadas as atividades “submit”, “acknowledge” e “comp” não foram executadas nesta ordem. Diante disso, a descoberta relacionada à esta prática foi *“Half of the selected service orders have not conducted submit, acknowledge and complete activities in the required order”*.

Caso B - “todas as instâncias”

A coleta de dados para este estudo de caso, deu-se mediante a condução de todas as atividades do método SCAMPI aplicável a uma avaliação Classe C. Entretanto, aqui são relatadas estritamente atividades (e os respectivos conteúdo e resultados) relacionadas à mineração de processos, a seguir.

1.1.1 Determine Appraisal Objectives

1.1.2 Determine Data Collection Strategy1.1.4 Determine Appraisal Scope1.2.1 Tailor Method1.2.2 Identify Needed Resources1.2.3 Develop Data Collection Plan1.3.1 Identify Appraisal Team Leader1.3.2 Select Team Members1.3.4 Prepare Team**1.A.1 Obtain Process Mining Artifacts****1.A.2 Obtain Process Mining Elements****2.A.1 Familiarize and Filter Event log****2.A.2 Discover Actual Process from Event Log****2.A.3 Check Conformance of Event Log with *de Jure* Model****2.A.4 Compare Conformance between *de Facto* model and *de Jure* Model****2.A.5 Check Conformance to Business Rules****2.A.6 Examine Process Mining Results**

Salienta-se que as atividades sublinhadas são atividades estendidas e em negrito, são as atividades novas ao método SCAMPI. Extratos do plano da avaliação referentes à mineração de processos são apresentados na cor cinza. Salienta-se também que alguns nomes foram omitidos visando manter os princípios de não-atribuição e confidencialidade associados ao estudo de casos.

1.1.1 Determine Appraisal Objectives

Nesta atividade, foram determinados os objetivos para esta avaliação Classe C, sendo que o primeiro deles foi identificado para ser endereçado via mineração de processos:

Appraisal objectives

Some objectives of this appraisal:

- Review the conformance of current operations in relation to <name> account's defined processes*.
- Evaluate current operations regarding CMMI-SVC best practices related to software support operations.
- Identification of improvement opportunities

*This objective will be addressed using Process Mining.

1.1.2 Determine Data Collection Strategy

Nesta atividade, foram identificados quais eram os sistemas de informação que suportam os processos:

Information about Organization Processes

The conduction of the process of application support is performed through an information system called <name>, where activities are made and statuses are changed accordingly.

A partir do objetivo a ser endereçado pela mineração de processos, as seguintes questões foram identificadas, assim como as técnicas de mineração associadas à cada uma delas:

Questions to be answered aided by Process Mining

The following questions (and process mining techniques) were derived from the objective to be addressed by Process Mining (above):

Question	Process Mining technique
a) "To what degree the selected process instances followed every CMMI practice?"	Conformance checking
b) "The sequence, or parallelism, of the implementation of activities was respected?"	Conformance checking
d) "The items of the organizational policy are being met?"	Business rules conformance checking
e) "Who are the executors of each activity?" "Are they the planned roles of executors, as per the organization's processes?"	Process discovery and Conformance checking
f) "What is the process actually performed in the organization?"	Process discovery
g) "To what extent the performed processes, in general, follow the Service Delivery (SD) practices?"	Conformance checking
i) "To what extent the performed processes, in general, follow the standard process of the organization?"	Conformance checking

1.1.4 Determine Appraisal Scope

Nesta atividade foram determinados o escopo do modelo de referência e da organização, a serem examinados mediante mineração de processos:

Appraisal Scope

Model scope

Considering CMMI-SVC model scope, the following process area will be examined. This scope will also be examined by Process Mining, since it is implemented via a standard organizational process and supported by an information system that has event log exportation capability.

Process Area	Applicability
Service Delivery (SD)	Yes
Capacity and Availability Management (CAM)	No. Out of scope
Causal Analysis and Resolution (CAR)	No. Out of scope
Configuration Management (CM)	No. Out of scope
Decision Analysis and Resolution (DAR)	No. Out of scope
Incident Resolution and Prevention (IRP)	No. Out of scope
Integrated Work Management (IWM)	No. Out of scope
Measurement and Analysis (MA)	No. Out of scope
Organizational Process Definition (OPD)	No. Out of scope
Organizational Process Focus (OPF)	No. Out of scope
Organizational Performance Management (OPM)	No. Out of scope
Measurement and Analysis (MA)	No. Out of scope
Organizational Process Definition (OPD)	No. Out of scope
Organizational Process Focus (OPF)	No. Out of scope
Organizational Performance Management (OPM)	No. Out of scope
Organizational Process Performance (OPP)	No. Out of scope
Organizational Training (OT)	No. Out of scope
Process and Product Quality Assurance (PPQA)	No. Out of scope
Quantitative Work Management (QWM)	No. Out of scope
Requirements Management (REQM)	No. Out of scope
Risk Management (RSKM)	No. Out of scope
Supplier Agreement Management (SAM)	No. Out of scope
Service Continuity (SCON)	No. Out of scope
Service System Development (SSD)	No. Out of scope
Service System Transition (SST)	No. Out of scope
Strategic Service Management (STSM)	No. Out of scope
Work Monitoring and Control (WMC)	No. Out of scope
Work Planning (WP)	No. Out of scope

Regarding the Service Delivery generic practices to be examined by Process Mining techniques, the following ones were selected, since they fit to be examined by Process Mining, due to their characteristic of being a process, when implemented, as well as being the data in the expected format:

- GP 2.1-Establish an Organizational Policy
- GP 3.1-Established a Defined Process
- GP 2.7-Identify and Involve Relevant Stakeholders

The following Service Delivery specific practices were selected to be examined though Process Mining, using the same criteria (i.e., a) characteristic of being a process, when implemented and b) data in an expected format):

- (SD) SP 3.1 Receive and Process Service Requests
- (SD) SP 3.2 Operate the Service System

Organizational Scope

Organizational unit

Process instances selection

In order to select the process instances, the recommended sampling rules established in SCAMPI MDD were considered.

In the organization unit, there is only one type of work, which is divided in four priorities. It resulted in 03 subgroups, as below; since there are no instances classified as very high priority. Table below presented the values of sampling size and process instances considered for each subgroup.

Subgroup	Units	Minimum number	Rounded	Number considered*	Selected instances
Incident, Priority High	334	0,524	1	334	all
Incident, Priority Medium	1347	2,11	2	1347	all
Incident, Priority Low	231	0,362	1	231	all

Total	1912		4	1912	
-------	------	--	---	------	--

*due to the fact that this appraisal is being also used as a pilot of using Process Mining techniques along with the traditional SCAMPI method, all process instances will be selected.

OBS: Minimum number of units to be selected per subgroup= (number of subgroups x number of units in the given subgroup) / total number of units.

1.2.1 Tailor Method

Nesta atividade, foi registrado no plano da avaliação que esta avaliação usaria a abordagem verificação para a coleta de dados.

Tailoring

Data collection approach will be "verification"

1.2.2 Identify Needed Resources

Nesta atividade, foram identificadas as ferramentas necessárias para a mineração de processos. Em virtude da experiência do avaliador em mineração de processos, não se fez necessário identificar conhecimentos, habilidades e treinamento adicionais.

Process Mining tools

Process Mining tools, in particular Prom 5.2 and Disco will be used. If needed, WoPeD tool could be used to create the *de Jure* model.

Appraisal team

Appraisal team

OBS: Appraisal leader has the required knowledge and experience regarding Process Mining techniques and tools.

1.2.3 Develop Data Collection Plan

Nesta atividade, foi elaborada a seção do plano da avaliação referente à coleta de dados.

PAISs – Process Aware Information Systems

<Name> account uses a system that supports the operation of application support. It is called <name> and activities to solve the tickets are performed in this tool. Activities are recorded as status-change in the tool. In addition, the executor (of activities), timestamps, the number of each ticket, and other attribute data (ex: ticket priority) are recorded by the tools, which also has the feature of exporting data to an excel file.

Process Mining related Objective Evidence

The following table brings for each process instances for each selected practice, what is the objective evidence and how it will be examined using Process Mining.

Process Area	Practices	Instances	Objective Evidence	Process Mining technique / algorithm	PM algorithm / business rule / activity	Team member
Service Delivery (SD)	SP 3.2	All	Artifact containing data reflecting the conduction of application support process	Process discovery	Any process discovery algorithm	Arthur
Service Delivery (SD)	SP 3.2	All	Artifact containing data reflecting the conduction of application support process	Process discovery	Any process discovery algorithm	Arthur
Service Delivery (SD)	GP 2.1	All	Artifact containing data reflecting the conduction of application support process	Business rules conformance checking	LTL checker algorithm / SCIFF checker / "existence" business rule	Arthur
Service Delivery (SD)	GP 3.1	All	Artifact containing data reflecting the conduction of application support process	Process discovery	Any process discovery algorithm	Arthur
Service Delivery (SD)	GP 2.7	All	Artifact containing data reflecting the conduction of application support process	Process discovery / Conformance checking	Any social network algorithm / Organizational perspective	Arthur

Process Mining artifacts and element

The table below presents the major process mining artifacts and elements needed for this appraisal:

Artifact or element	Description	Task for obtaining or generating it	Responsible
Event log	Data from <name> should be accessible by appraisal team. It should contain, for each process instance, ID, activity name, executor, timestamps, and other attribute data (ex: priority, work type)	Exportation from <name> tool	<name> (under orientation from Arthur)
De Jure Model	Description of the standard process regarding application support	If it does not exist, generate the <i>de Jure</i> process model based on current information available	Arthur
Business rules	Descriptions of restrictions that may apply to application support operations..	Provide business rules or at a minimum information for identifying them	<name>

1.3.1 Identify Appraisal Team Leader

Nesta atividade, adicionalmente, foi enfatizada a responsabilidade do líder quanto à garantia de que o processo será seguido:

Appraisal team

Role	Member name	Process Area
Appraisal leader, process appraisal monitor, timekeeper, process mining analyst	Arthur Valle	Service Delivery (SD)

1.3.2 Select Team Members

Esta atividade foi considerada não aplicável, uma vez que a avaliação seria conduzida apenas pelo líder.

1.3.4 Prepare Team

Esta atividade foi considerada não aplicável, uma vez que a avaliação seria conduzida apenas pelo líder, o qual já possuía conhecimento e experiência em mineração de processos, e sendo assim, não necessitava receber treinamento específico em mineração de processos.

1.A.1 Obtain Process Mining Artifacts

Nesta atividade, foi obtido o log de eventos a partir da extração de dados da ferramenta <name>. A Figura 49 apresenta um extrato dos dados recebidos. O log era constituído dos seguintes tipos de dados: a) Número do incidente; b) Nome das atividades (Open, Accept, Work in Progress, Resolved, Closed e Pending); c) Nome dos recursos que executaram cada atividade; d) Timestamps e e) Prioridade (*Low, Moderate, High*).

Figura 49 - Dados (extrato)

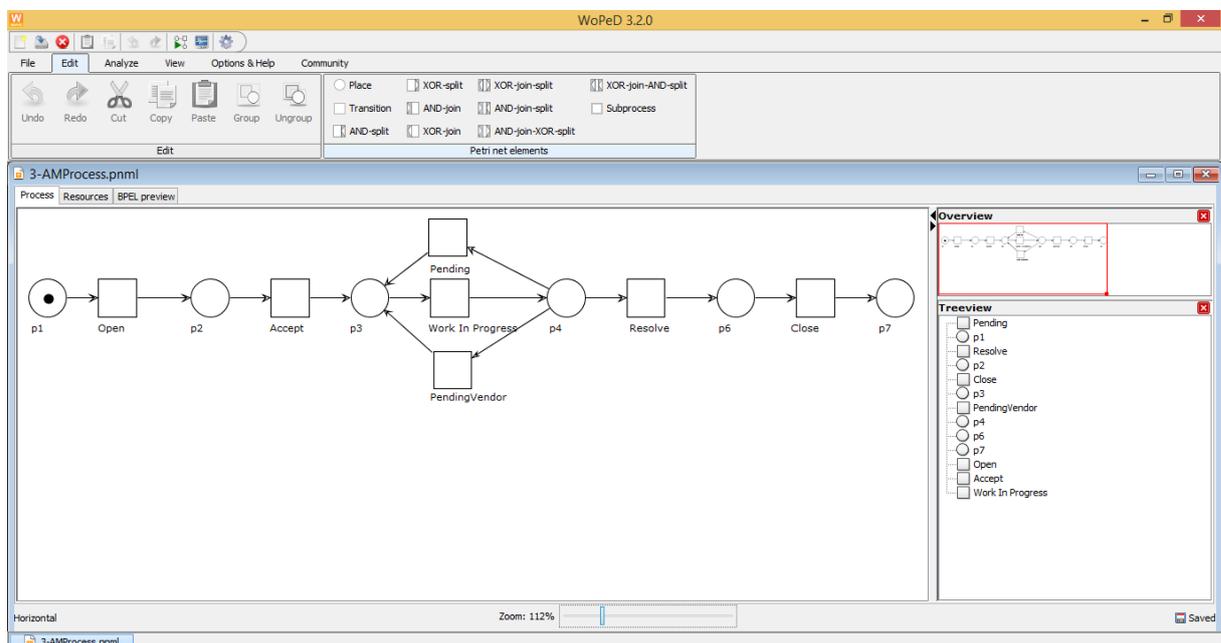
	A	B	C	D	E	F	H
	Number	Number	Opened	Closed	Priority	Value	Start
1	INC0579677	INC0579677	2015/02/20 10:43:29	2015/02/25 20:00:04	3 - Moderate	Accepted	2015/02/20 10:58:44
2	INC0579677	INC0579677	2015/02/20 10:43:29	2015/02/25 20:00:04	3 - Moderate	Work in	2015/02/20 11:39:40
3	INC0579677	INC0579677	2015/02/20 10:43:29	2015/02/25 20:00:04	3 - Moderate	Open	2015/02/20 10:44:19
4	INC0579677	INC0579677	2015/02/20 10:43:29	2015/02/25 20:00:04	3 - Moderate	Open	2015/02/20 11:12:16
5	INC0579677	INC0579677	2015/02/20 10:43:29	2015/02/25 20:00:04	3 - Moderate	Accepted	2015/02/20 11:26:06
6	INC0579677	INC0579677	2015/02/20 10:43:29	2015/02/25 20:00:04	3 - Moderate	Resolved	2015/02/20 17:19:59
7	INC0579677	INC0579677	2015/02/20 10:43:29	2015/02/25 20:00:04	3 - Moderate	Closed	2015/02/25 20:00:04
8	INC0596038	INC0596038	2015/02/28 14:21:36	2015/03/05 20:00:02	3 - Moderate	Closed	2015/03/05 20:00:02
9	INC0596038	INC0596038	2015/02/28 14:21:36	2015/03/05 20:00:02	3 - Moderate	Open	2015/02/28 14:22:01
10	INC0596038	INC0596038	2015/02/28 14:21:36	2015/03/05 20:00:02	3 - Moderate	Resolved	2015/02/28 19:52:50
11	INC0596038	INC0596038	2015/02/28 14:21:36	2015/03/05 20:00:02	3 - Moderate	Accepted	2015/02/28 19:47:50
12	INC0589858	INC0589858	2015/02/25 15:44:58	2015/03/15 20:00:03	3 - Moderate	Pending	2015/02/26 15:23:25
13	INC0589858	INC0589858	2015/02/25 15:44:58	2015/03/15 20:00:03	3 - Moderate	Open	2015/02/25 15:45:51
14	INC0589858	INC0589858	2015/02/25 15:44:58	2015/03/15 20:00:03	3 - Moderate	Accepted	2015/02/25 15:53:27
15	INC0589858	INC0589858	2015/02/25 15:44:58	2015/03/15 20:00:03	3 - Moderate	Resolved	2015/03/10 17:43:36
16	INC0589858	INC0589858	2015/02/25 15:44:58	2015/03/15 20:00:03	3 - Moderate	Closed	2015/03/15 20:00:03
17	INC0589858	INC0589858	2015/02/25 15:44:58	2015/03/15 20:00:03	3 - Moderate	Work in	2015/02/25 15:55:09
18	INC0589858	INC0589858	2015/02/25 15:44:58	2015/03/15 20:00:03	3 - Moderate	Work in	2015/02/25 15:55:09

Na ferramenta Disco, estes dados foram preparados e posteriormente mapeados para os tipos de dados requeridos pela mineração de processos e então exportados no formato MXML, o qual pode ser importado pelo ProM 5.2. A preparação dos dados envolveu tão somente a replicação dos dados referentes ao número dos incidentes, de maneira que este dado, agora do tipo atributo, pudesse ser utilizado, caso necessário, para filtragem de alguma instância de processo específica. Além disso, os nome dos recursos foram transformados para se tornarem anônimos.

1.A.2 Obtain Process Mining Elements

Nesta atividade foram obtidos o modelo de processo *de Jure* e as regras de negócio aplicáveis. O modelo de processo foi construído na ferramenta WoPeD a partir das informações repassadas pelo ponto focal da avaliação. O modelo *de Jure* resultante é o apresentado na Figura 50.

Figura 50 - Modelo *de Jure*



Quanto às regras de negócio, as seguintes regras foram identificadas a partir das políticas organizacionais, com apoio do ponto focal da avaliação:

- a) em uma determinada instância de processos, todas as atividades devem ser executadas, com exceção das atividades Pending e Pending Vendor que são opcionais.

- b) um mesmo analista pode executar todas as atividades para tratar um incidente, exceto a atividade “open” que deve ser feita pelo *service desk*.

Decorrente das práticas do CMMI a serem investigadas nesta avaliação classe C, quais sejam: GP 2.1-Establish an Organizational Policy; GP 3.1-Established a Defined Process; GP 2.7-Identify and Involve Relevant Stakeholders; SD SP 3.1 Receive and Process Service Requests; SD SP 3.2 Operate the Service System; foram adicionadas as seguintes regras de negócio:

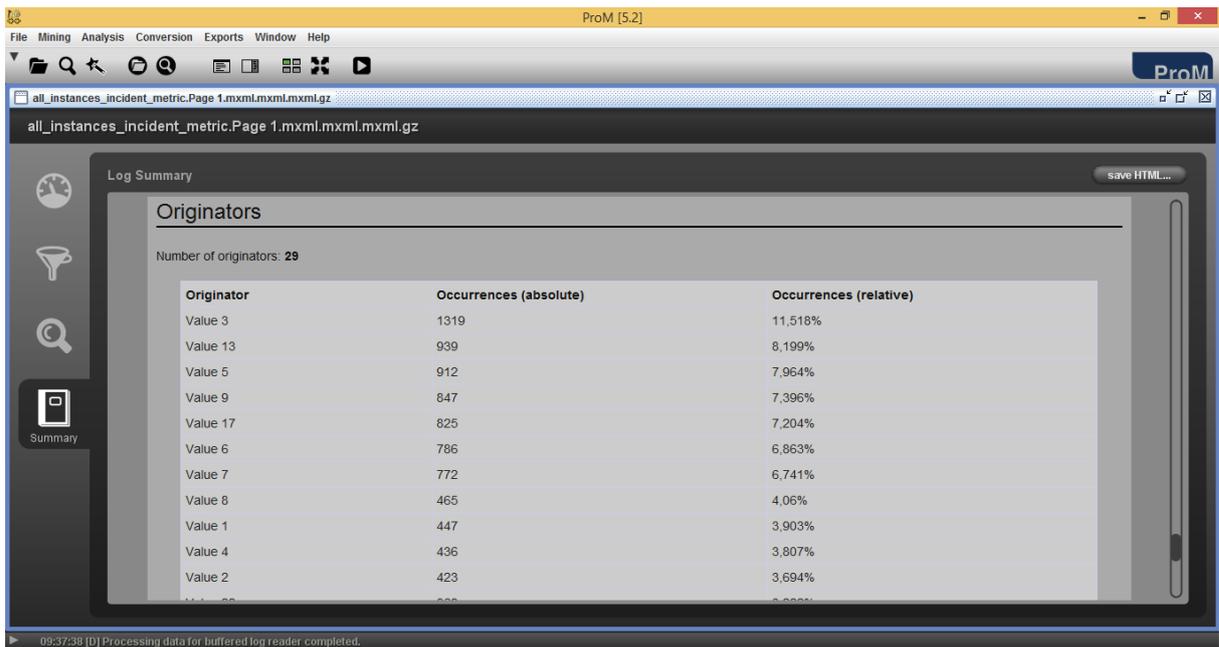
- c) as instâncias deverão seguir variações permitidas do processo padrão organizacional (endereçando a prática GP 3.1).
- d) todo incidente deve ser aberto e (na sequência) aceito (endereçando a prática SD SP 3.1).
- e) todo incidente deve ser resolvido e (na sequência) fechado (endereçando a prática SD SP 3.2)

Salienta-se que uma possível regra de negócio derivada da prática GP 2.1 já foi identificada na regra de negócio a). O mesmo ocorre em relação à prática GP 2.7 e à regra de negócio b).

2.A.1 Familiarize and Filter Event log

Nesta atividade, foi feita uma exploração do *log* visando obter-se um visão geral dos dados ali contidos. Por exemplo, a função *Log Summary* apresenta várias estatísticas, como por exemplo o número absoluto e relativo para cada executor de atividades, conforme pode ser observado na Figura 51.

Figura 51 - Log summary / originators

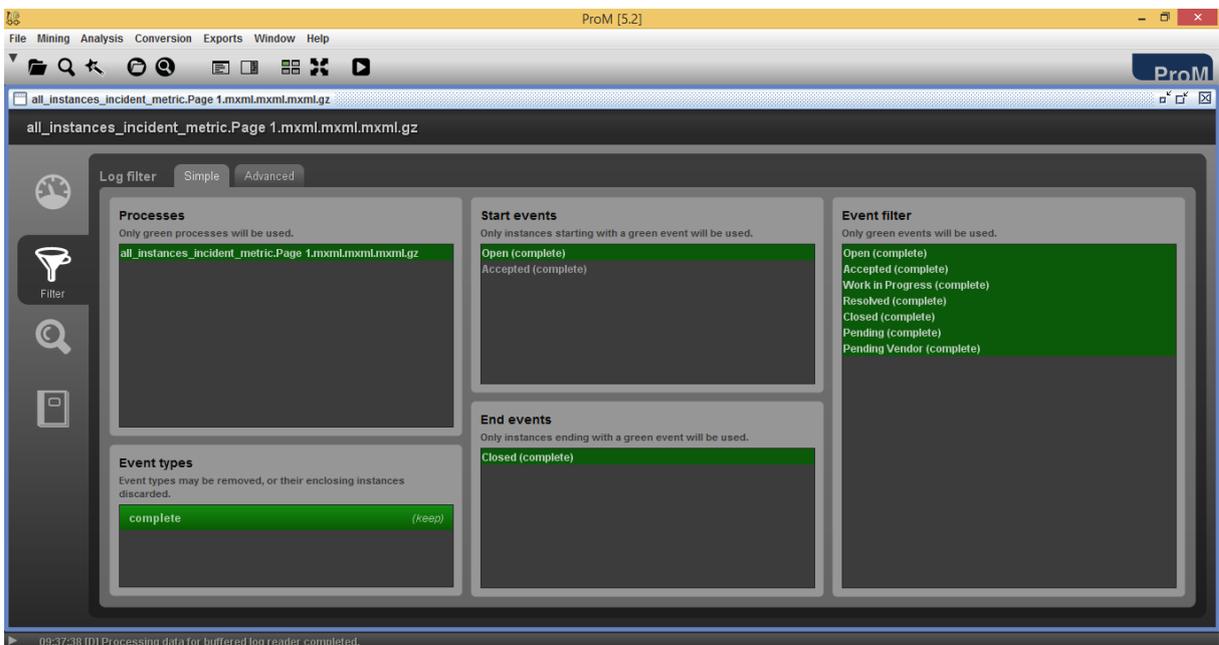


The screenshot shows the ProM [5.2] interface with the Log Summary window open. The window title is "all_instances_incident_metric.Page 1.mxml.mxml.mxml.gz". The main content area is titled "Originators" and displays a table with 3 columns: "Originator", "Occurrences (absolute)", and "Occurrences (relative)". The table lists 13 different values and their corresponding counts and percentages. A status bar at the bottom indicates "09:37:38 [D] Processing data for buffered log reader completed."

Originator	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
Value 3	1319	11,518%
Value 13	939	8,199%
Value 5	912	7,964%
Value 9	847	7,396%
Value 17	825	7,204%
Value 6	786	6,863%
Value 7	772	6,741%
Value 8	465	4,06%
Value 1	447	3,903%
Value 4	436	3,807%
Value 2	423	3,694%

Também foi necessária a aplicação do filtro, conforme Figura 52 para eliminar dados não desejados do log de eventos, como por exemplo, um instância cujos dados iniciam-se na atividade “Accepted” ao invés da atividade “Open”.

Figura 52 - Filtro



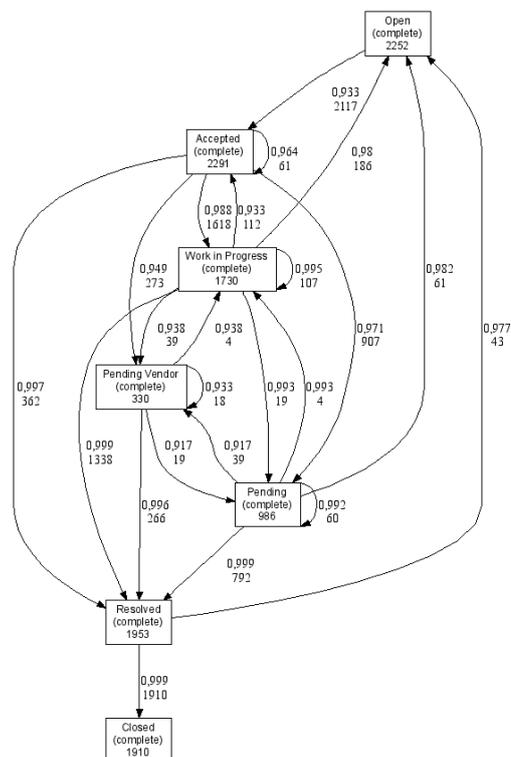
The screenshot shows the ProM [5.2] interface with the Log filter window open. The window title is "all_instances_incident_metric.Page 1.mxml.mxml.mxml.gz". The window is divided into several sections for configuring filters. The "Processes" section has a list with "all_instances_incident_metric.Page 1.mxml.mxml.mxml.gz" selected. The "Event types" section has "complete" selected with a "(keep)" label. The "Start events" section has "Open (complete)" and "Accepted (complete)" selected. The "End events" section has "Closed (complete)" selected. The "Event filter" section has a list of event types, with "Open (complete)", "Accepted (complete)", "Work in Progress (complete)", "Resolved (complete)", "Closed (complete)", "Pending (complete)", and "Pending Vendor (complete)" selected. A status bar at the bottom indicates "09:37:38 [D] Processing data for buffered log reader completed."

2.A.2 Discover Actual Process from Event Log

Nesta atividade, foram aplicados alguns algoritmos visando a descoberta do processo que está sendo executado, como por exemplo, Heuristics Miner, Alpha Miner, Alpha++ Miner e Fuzzy Miner.

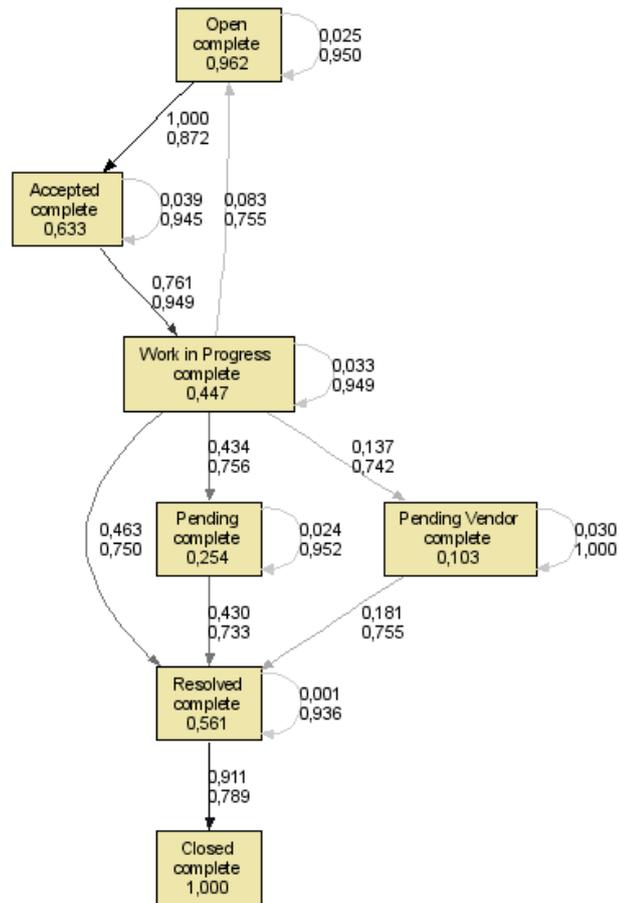
Heuristics Miner: Utilizando-se o algoritmo Heuristics Miner, foi obtido o modelo *de Facto* representado na Figura 53. Nele foi possível identificar algumas relações não desejadas entre atividades, como por exemplo, os arcos que retornam à atividade “Open”, ou ainda tickets que passam diretamente da atividade “Accepted” para a atividade “Resolved”, sem executar por exemplo a atividade “Work in Progress”.

Figura 53 - Heuristic Miner



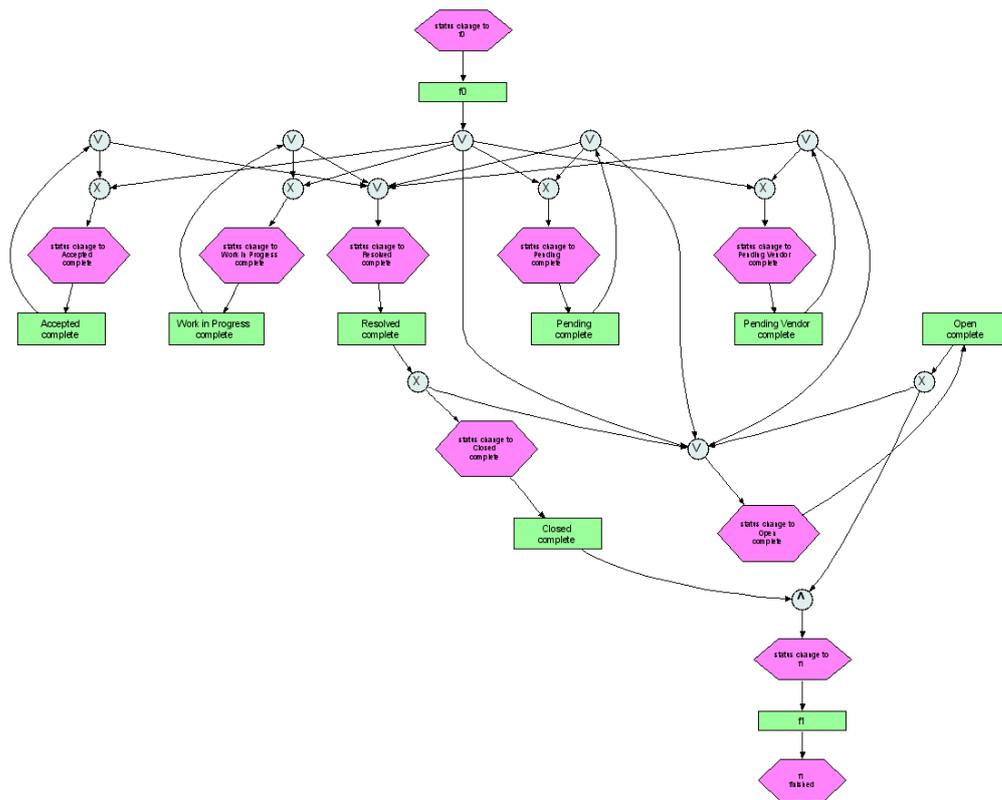
Também foi aplicado o algoritmo *Fuzzy Miner*, resultando no modelo *de Facto* apresentado na Figura 54, bastante similar ao modelo gerado pelo Heuristics Miner.

Figura 54 – Fuzzy Miner



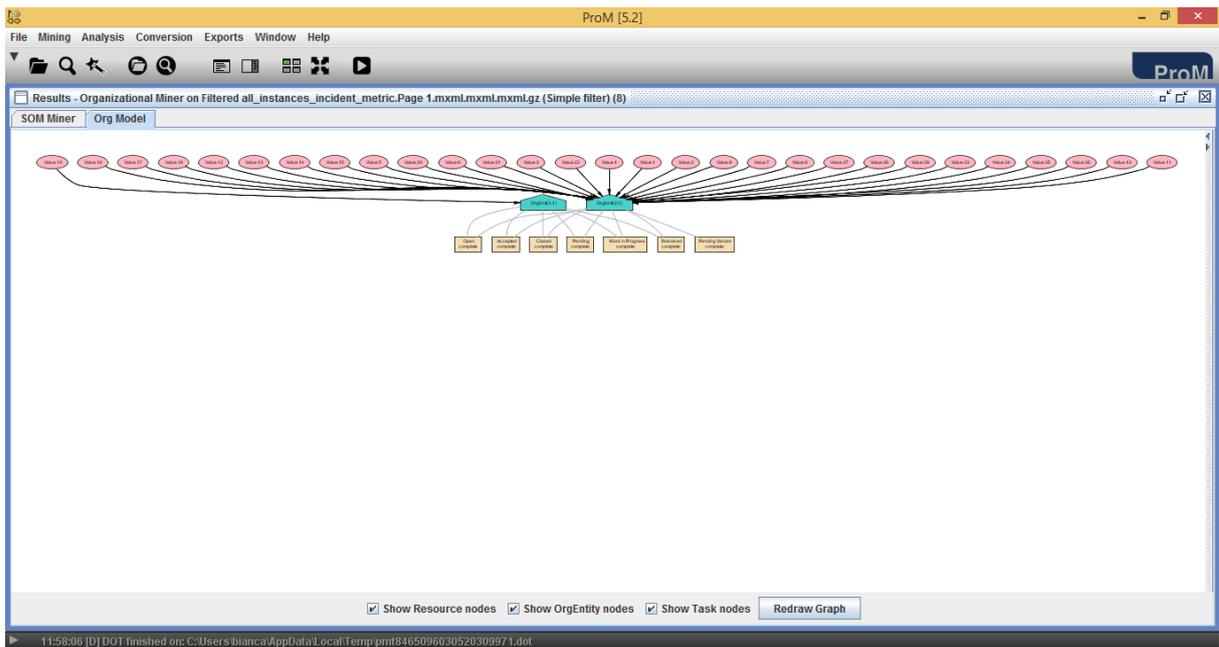
Modelos *de Facto* em outros formatos também puderam ser obtidos, como por exemplo, o formato EPC-Event Process Chain, por meio do algoritmo *Multi-phase Macro Miner*. O processo descoberto é apresentado na Figura 55.

Figura 55 - Multi-phase Macro Miner



Também foram aplicados os algoritmos de mineração de processos associados aos executores das atividades. Por exemplo, o algoritmo *Organizacional Miner* foi aplicado, e foi possível perceber que todos os executores realizam todas as atividades, com exceção do recurso <value 19> que não realiza a atividade “PendingVendor”, conforme mostrado na Figura 56. Foi percebido também que estes algoritmos pode ser extremamente benéficos para examinar, por exemplo, as práticas genéricas GP 2.3, GP 2.4 e GP 2.7, visando identificar se os recursos adequados estão sendo identificados, providos e executando as atividades pertinentes aos seus papéis e responsabilidades.

Figura 56 - Organizational Miner



2.A.3 Check Conformance of Event Log with *de Jure* Model

Para esta atividade, fez-se necessário importar o modelo *de Jure*, para que este pudesse ser comparado em relação ao log de eventos. Também foi necessário mapear os eventos no log com as atividades no modelo *de Jure*, conforme apresentado na Figura 57.

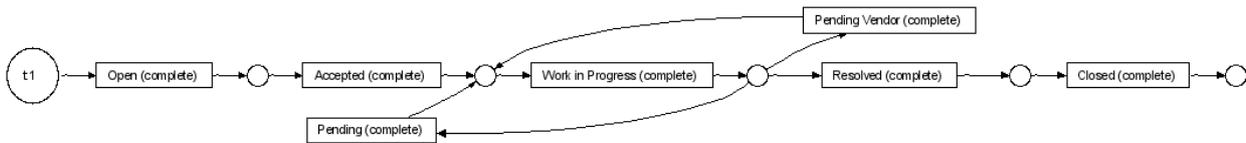
Figura 57 - Mapeamento Log para Modelo *De Jure*

Events found in imported model:	Events in Log:	New label, after attaching selected log to imported model:
Accept	Accepted (complete)	Accepted (complete)
Close	Closed (complete)	Closed (complete)
Open	Open (complete)	Open (complete)
Pending	Pending (complete)	Pending (complete)
PendingVendor	Pending Vendor (complete)	Pending Vendor (complete)
Resolve	Resolved (complete)	Resolved (complete)
Work In Progress	Work in Progress (complete)	Work in Progress (complete)

Ok Cancel

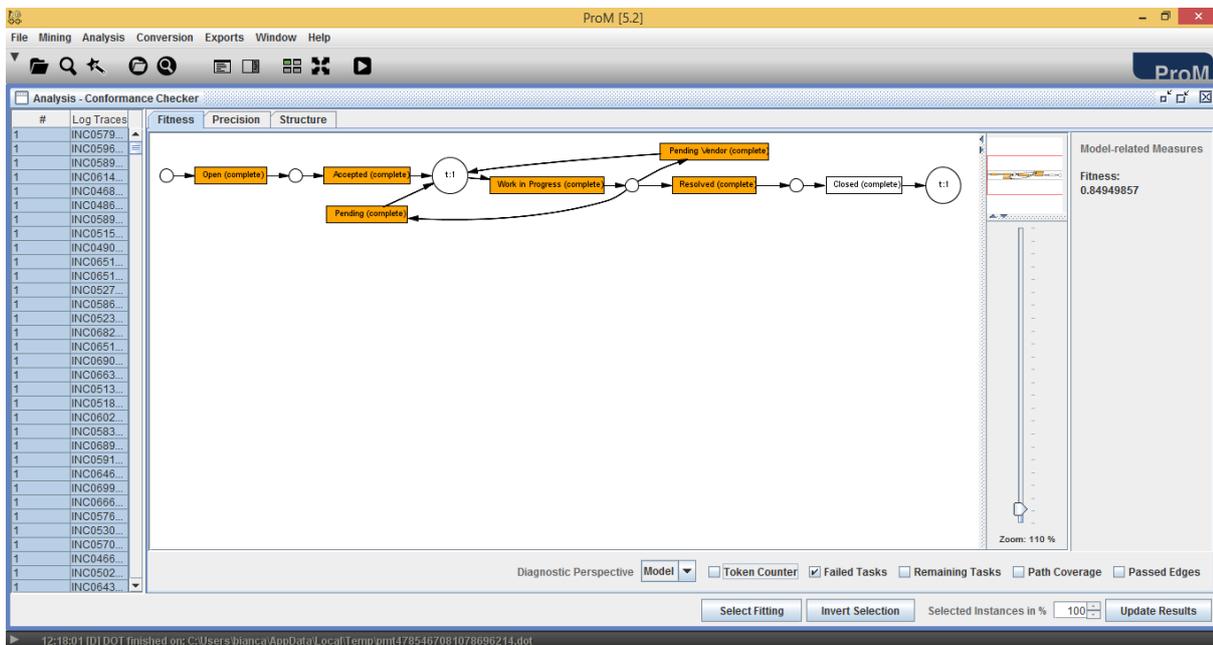
O modelo *de Jure* importado foi o modelo apresentado na Figura 58.

Figura 58 - modelo de Jure



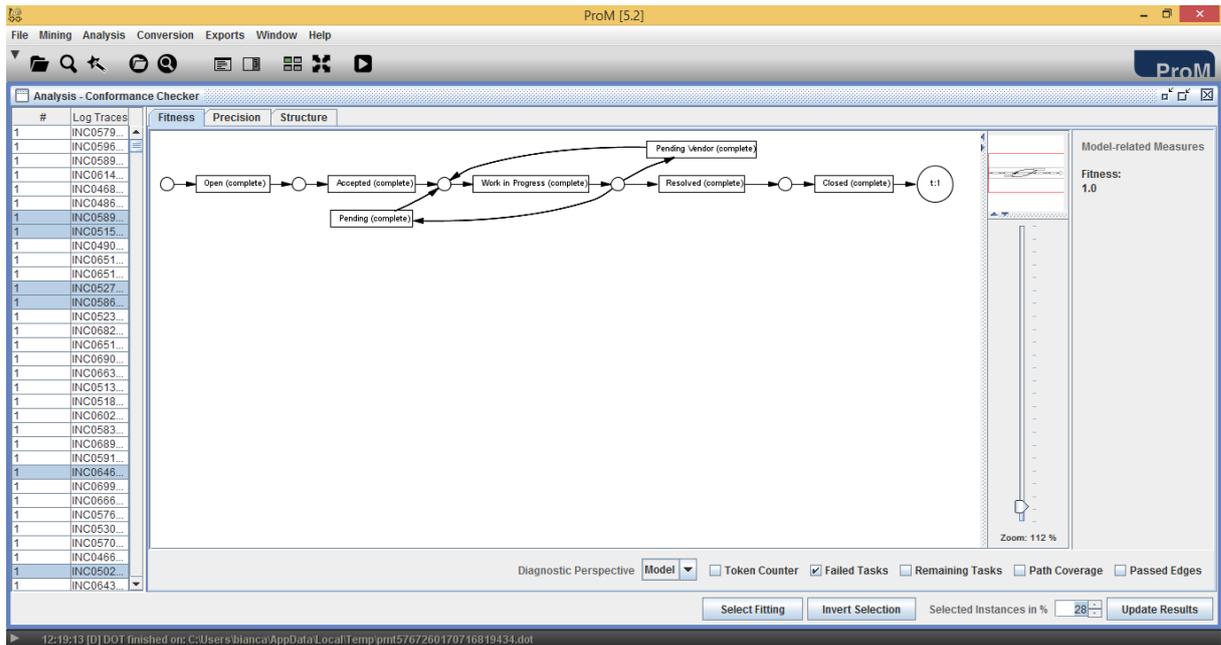
Para a análise de conformidade, foi aplicado o algoritmo *Conformance Checking*. Este algoritmo apresenta como resultado o indicador *Fitness*, que mede o grau em que as instâncias seguem o processo do modelo de *Jure*. Neste caso, o fitness foi de 0,849 o que pode ser considerado alto. Na Figura 59 é possível ver, além do indicador *fitness*, quais as atividades (realçadas) que falharam.

Figura 59 - Conformance Checking



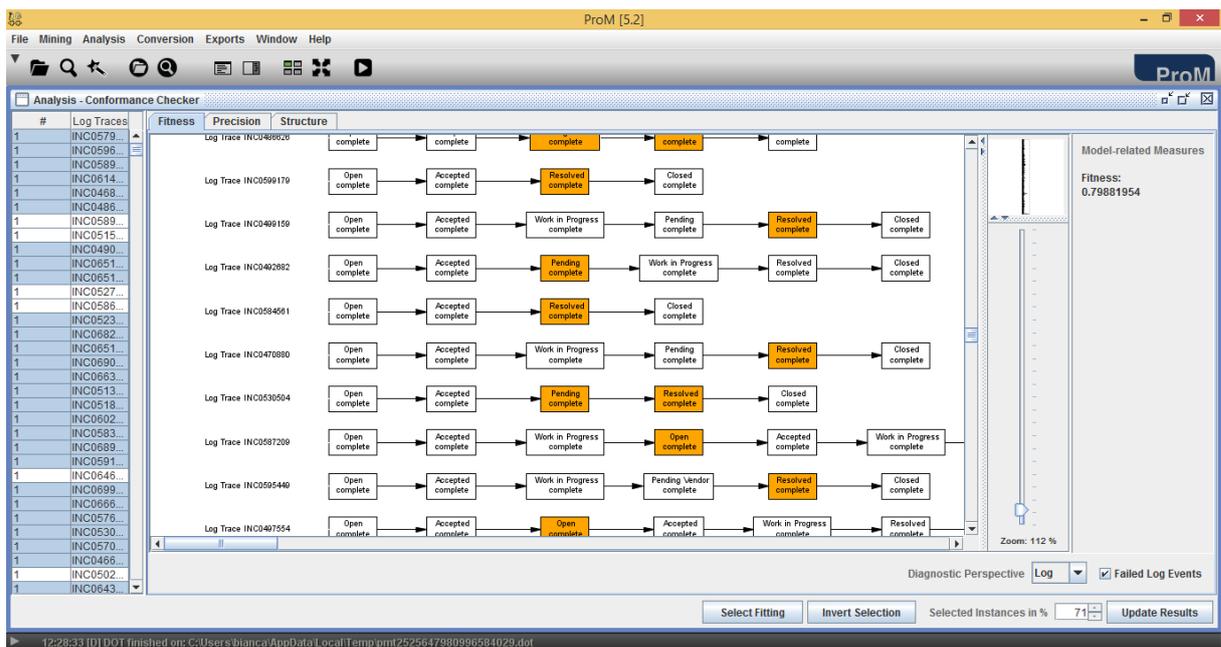
Este mesmo algoritmo permite identificar claramente quais foram as instâncias de processo que estão com 100% de conformidade (fitness = 1) com o modelo de *Jure*. No caso deste log de evento, são um pouco mais de 28% das instâncias, conforme apresentado na Figura 60.

Figura 60 - Conformance Checking Fitness = 1



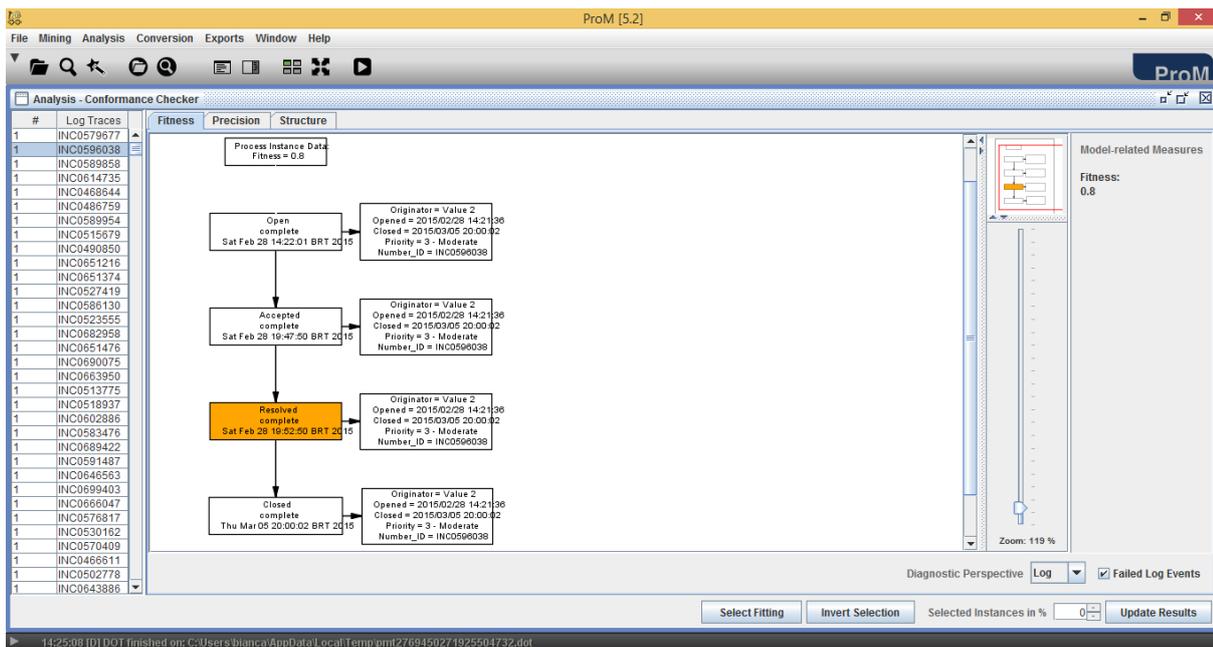
Para as instâncias que não estão em conformidade (fitness < 1), que representam um pouco mais de 71% do total de instâncias, é possível explorar cada uma delas e identificar as não-conformidades. Por exemplo, na Figura 61, as não-conformidades de cada instância não-conforme (indicadas com realce no menu à esquerda) são apresentadas com realce.

Figura 61 - Não conformidade



A partir desse resultado, foi possível identificar quais são as atividades, em cada uma das instâncias de processo, que não estão em conformidade com o modelo *de Jure*. Como exemplo, têm-se a instância #00596038 que não apresentou a atividade obrigatória “Working in Progress”, conforme mostrado (em realce) na Figura 62.

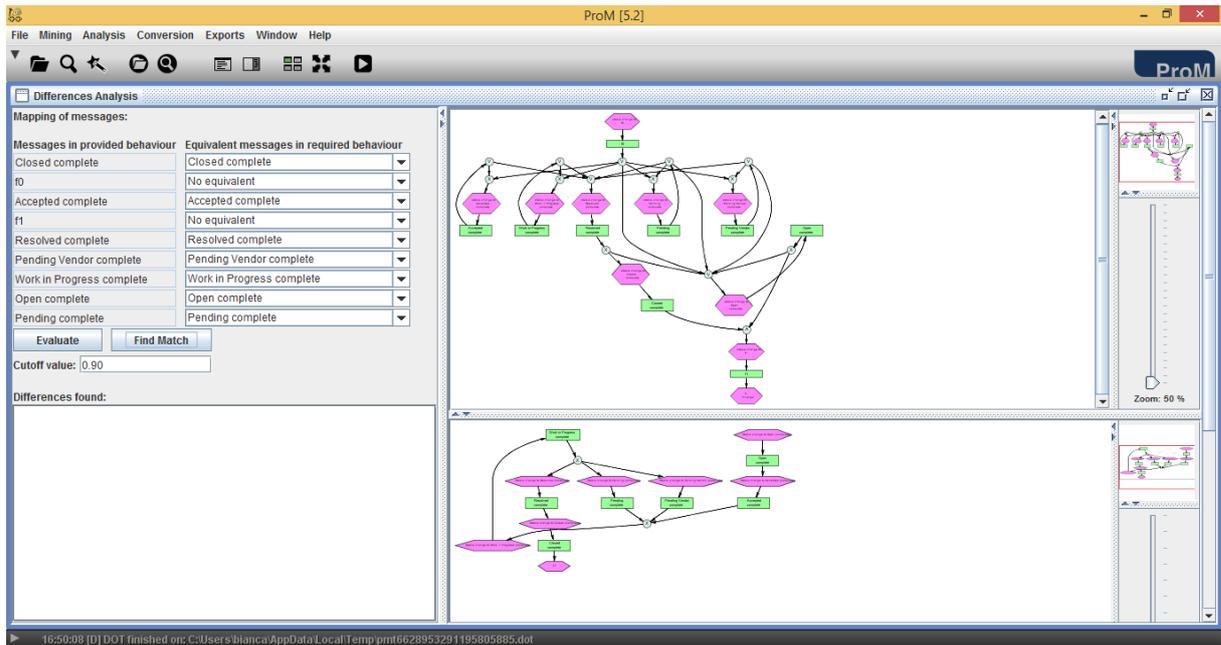
Figura 62 - Não conformidade por instância



2.A.4 Compare Conformance between *de Facto* model and *de Jure* Model

Nesta atividade foi feita a comparação quantitativa entre o modelo *de Jure* e o modelo *de Facto*, por meio do algoritmo *Graph Matching Analysis*, porém utilizando-se do formato EPC. O resultado foi de 0,775, e pode ser considerado satisfatório. Além da comparação quantitativa, tanto uma avaliação qualitativa como uma avaliação manual (i.e. visual) pode ser feita com a ajuda do algoritmo *Differences Analysis*, o qual posiciona ambos os modelos na mesma tela, conforme apresentado na Figura 63.

Figura 63 - Differences Analysis



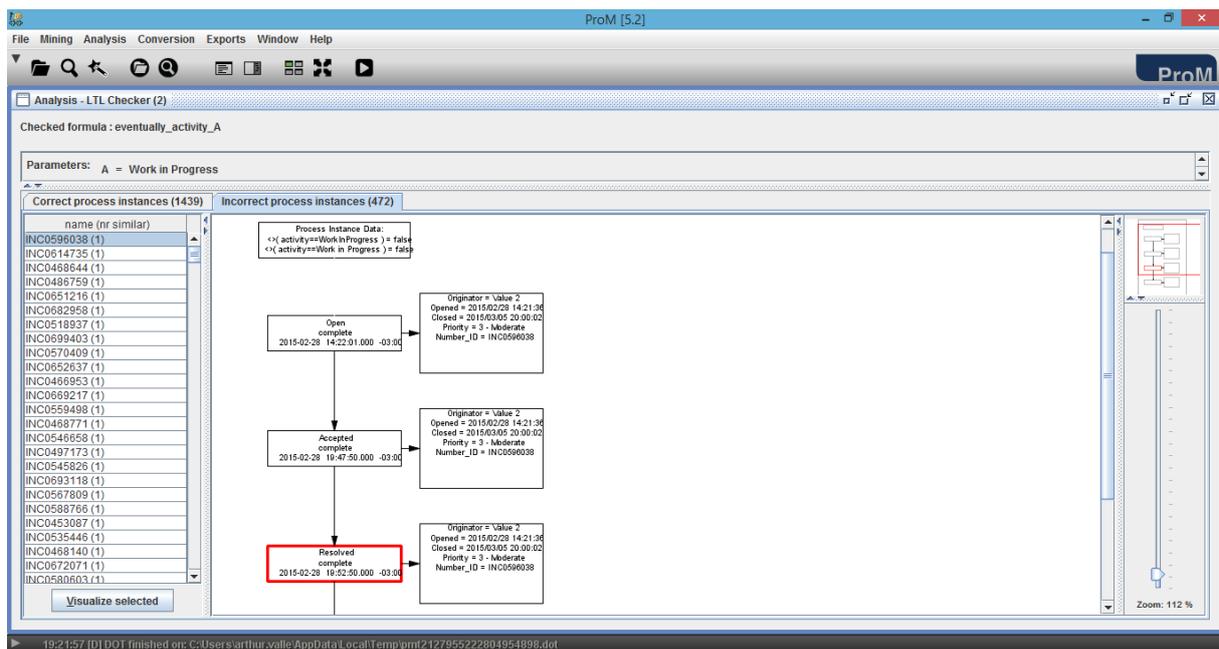
2.A.5 Check Conformance to Business Rules

A seguir é descrito como foi examinada cada regra de negócio, capturadas na atividade 1.A.2-Obtain Process Mining Elements:

- a) *Em uma determinada instância de processos, todas as atividades devem ser executadas, com exceção das atividades Pending e Pending Vendor que são opcionais.*

Na atividade 2.A.3-Check Conformance of Event Log with *de Jure* Model já foi identificado que mais de 71% das 1911 instâncias não seguiram o processo definido (ou seja, variantes permitidas do processo padrão organizacional), conforme Figura 61. Em uma análise visual foi possível identificar que isto deve-se, em grande parte, à ausência da atividade “Work in Progress”. Sendo assim, decidiu-se verificar a existência da atividade “Work in Progress” por meio de verificação de conformidade de regra de negócio. Para tal, foi utilizado o algoritmo LTL Checker (embora o algoritmo SCIFF Checker levaria ao mesmo resultado). A fórmula verificada foi “eventually activity A = Work in Progress”. Como resultado, apresentado na Figura 64 foram encontradas 472 instâncias (em um total de 1911) onde tal atividade não foi executada, violando assim, a regra de negócio. Todas as instâncias não conformes podiam ser facilmente visualizadas, na coluna à esquerda, na tela de resultados do algoritmo.

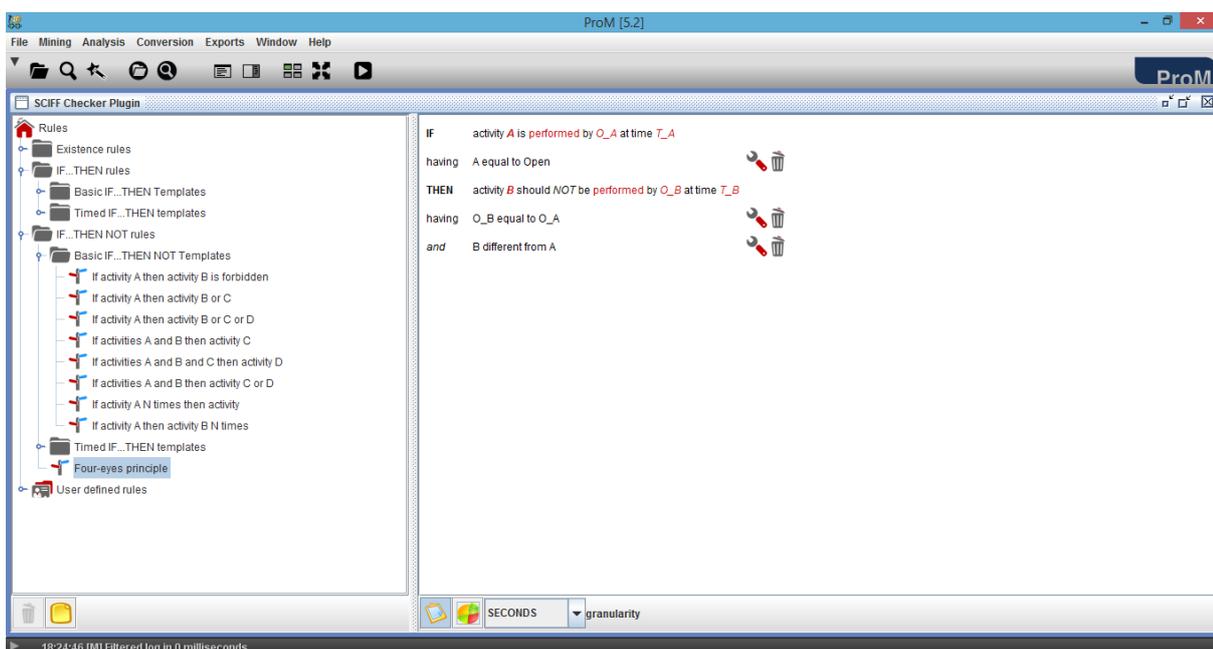
Figura 64 - Atividade Work in Progress não realizada



b) Um mesmo analista pode executar todas as atividades para tratar um incidente, exceto a atividade “open” que deve ser feita pelo service desk.

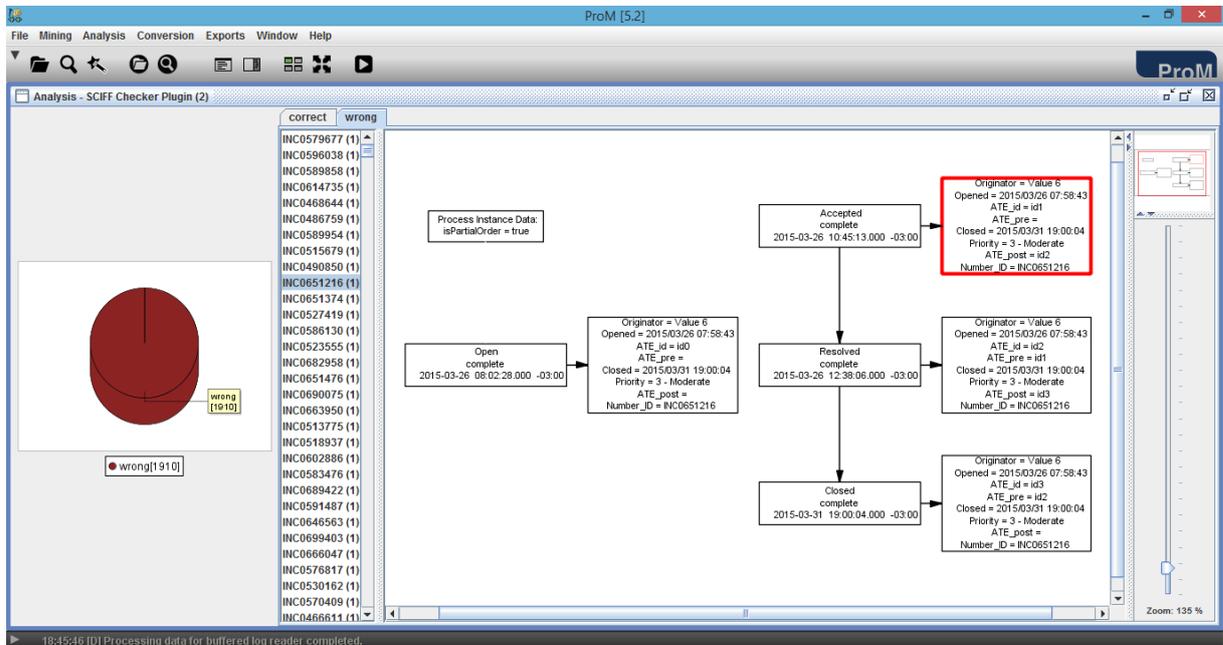
Para esta regra de negócio, foi aplicado o algoritmo SCIFF Checker, e a regra de negócio “four-eyes principle” com a parametrização apresentada na Figura 65. No caso, foi verificado se quem executou a atividade “open”, executou alguma outra atividade, o que não era permitido.

Figura 65 - four-eyes principle



Como resultado da aplicação do algoritmo, foi obtido que todas as 1911 instâncias violam tal regra, conforme apresentado na Figura 66.

Figura 66 - four-eyes principle / resultado



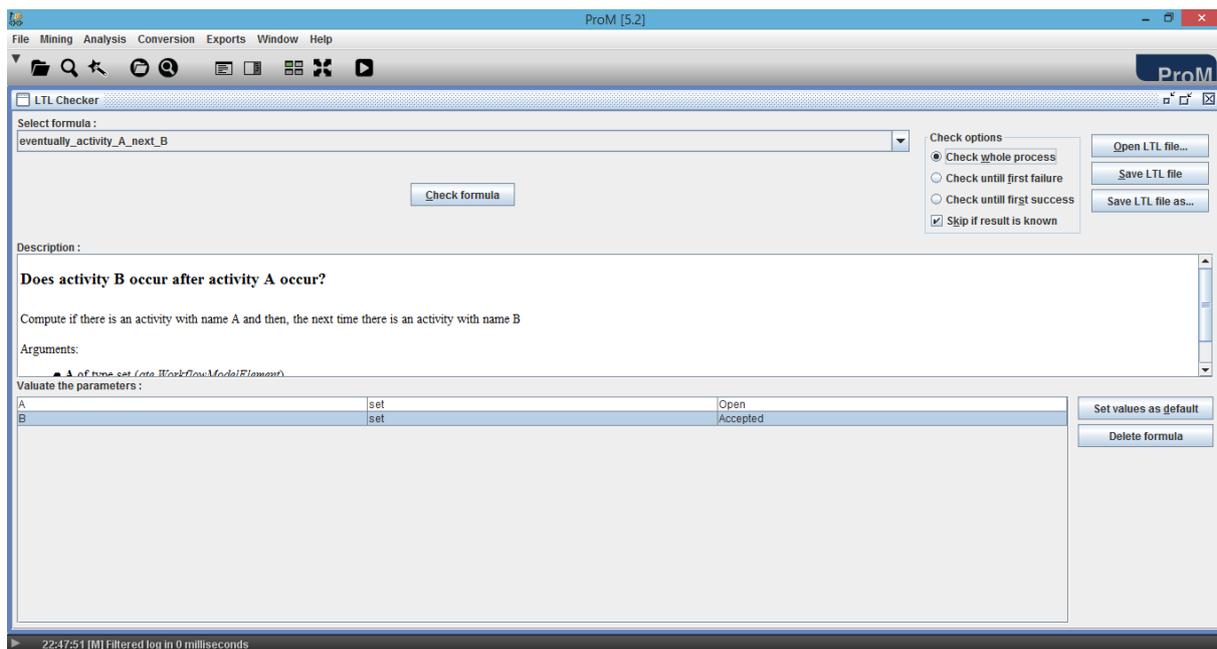
c) As instâncias deverão seguir variações permitidas do processo padrão organizacional (endereçando a prática GP 3.1).

Na verdade, esta regra já foi examinada quando da verificação de conformidade entre o log e o modelo *de Jure*, na atividade 2.A.3-Check Conformance of Event Log with *de Jure* Model. Tal atividade identificou que mais de 71% das 1911 instâncias não seguiram o processo definido (ou seja, variantes permitidas do processo padrão organizacional), conforme Figura 61.

d) Todo incidente deve ser aberto e (na sequência) aceito (endereçando a prática SD SP 3.1).

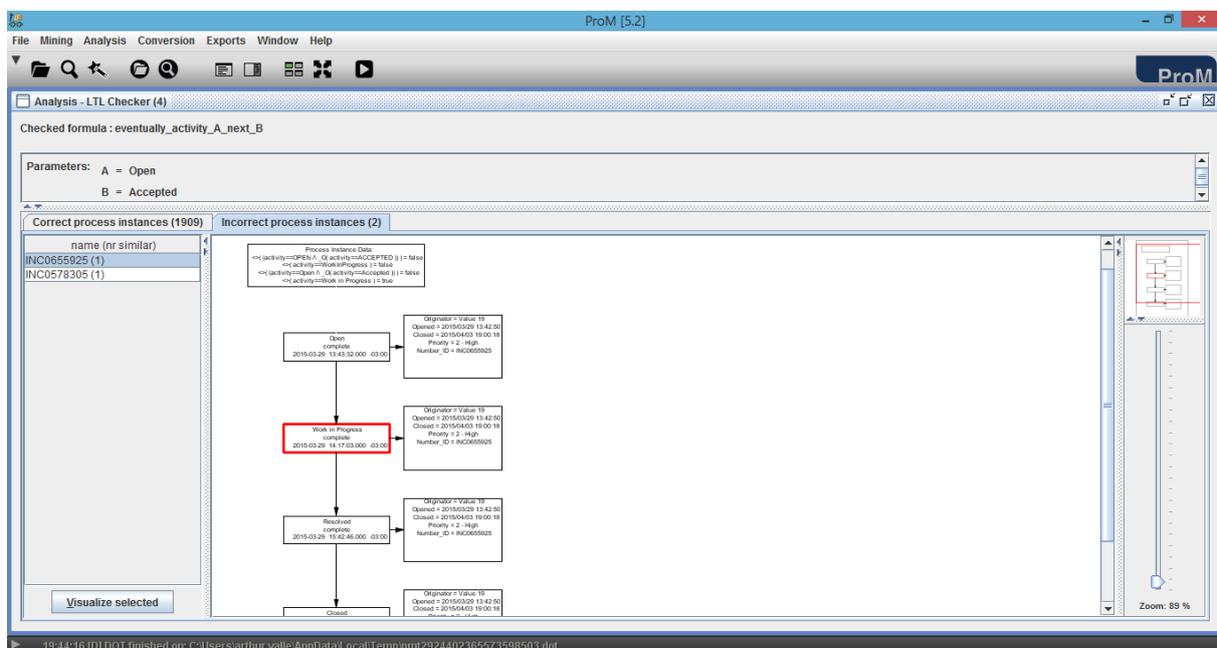
Para esta regra de negócio, novamente foi utilizado o algoritmo LTL Checker (embora o algoritmo SCIFF Checker levaria ao mesmo resultado). A fórmula verificada foi “eventually activity A next B; A = Open, B = Accepted”, conforme Figura 67.

Figura 67 - todo incidente deve ser aberto e (na sequência) aceito”



Como resultado, apresentado na Figura 68, foram encontradas apenas 2 instâncias (#0655925 e #0578305) onde a atividade “accepted” não foi executada posteriormente à atividade “open”, o que viola a regra de negócio.

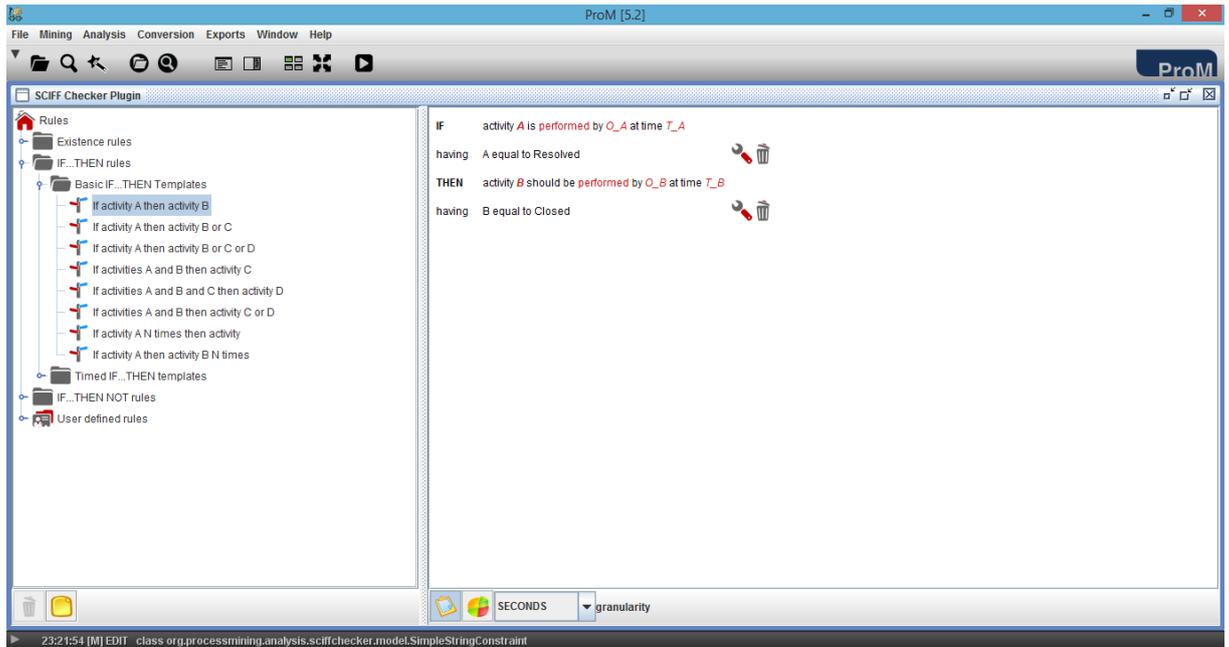
Figura 68 - Todo incidente deve ser aberto e (na sequência) aceito / resultado



e) Todo incidente deve ser resolvido e (na sequência) fechado (endereçando a prática SD SP 3.2)

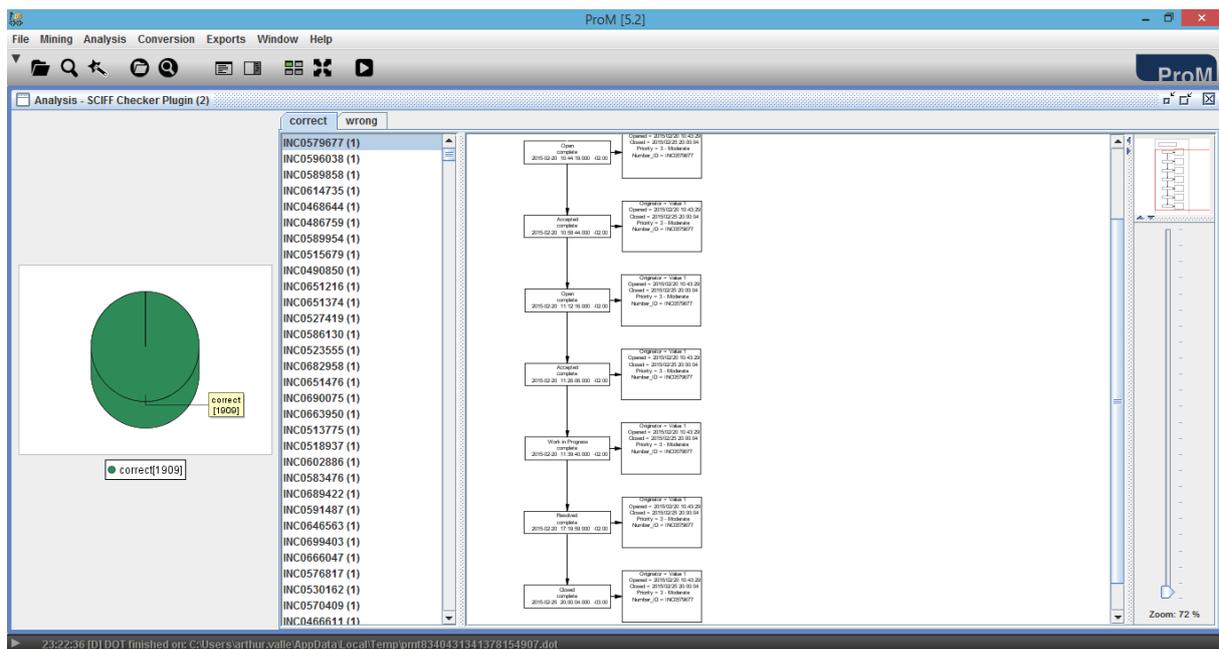
Para esta regra de negócio, foi utilizado o algoritmo SCIFF Checker (embora o algoritmo LTL Checker levaria ao mesmo resultado). A fórmula verificada foi “if activity A = RESOLVE is performed then activity CLOSE should be performed”, conforme Figura 69.

Figura 69 - Todo incidente deve ser resolvido e (na sequência) fechado



Como resultado, apresentado na Figura 70, não foram encontradas instâncias que violam esta regra de negócio.

Figura 70 - Todo incidente deve ser resolvido e (na sequência) fechado / resultado



2.A.6 Examine Process Mining results

Para esta atividade, foram levadas em consideração as evidências objetivas baseadas nos artefatos derivados da mineração de processos, encontrados na execução das atividades do método estendido, e a partir destas, foram identificados os *findings* em relação à implementação de cada prática do modelo, a seguir:

GP 2.1-Establish an Organizational Policy

Foi possível perceber, a partir da aplicação dos algoritmos de mineração de processos, em especial nas atividades 2.A.5-Check Conformance to Business Rules, que a política organizacional foi desrespeitada, em quase 25% das instâncias, no que tange a execução de todas as atividades obrigatórias em cada *ticket*. Diante disso, a descoberta relacionada à esta prática foi “*The organizational policy item regarding conduction of mandatory activities for each incident was not followed in almost 25% of the tickets*”.

GP 3.1-Established a Defined Process

Foi possível perceber, a partir da aplicação dos algoritmos de mineração de processos, em especial na atividade 2.A.3-Check Conformance of Event Log with *de Jure* Model, que o processo definido não foi seguido em mais de 71% das

instâncias selecionadas. Diante disso, a descoberta relacionada à esta prática foi *“Most of all selected tickets have not completely followed the defined process”*.

GP 2.7-Identify and Involve Relevant Stakeholders

Foi possível perceber, a partir da aplicação dos algoritmos de mineração de processos, em especial na atividade 2.A.5-Check Conformance to Business Rules, que em todas as 1911 instâncias de processo, quem executa a atividade “open” também executa outras atividades, algo que a atribuição de papéis e responsabilidades não permite, uma vez que a abertura dos *tickets* deve ser feita pelo *service desk*. Também foi possível conduzir uma análise similar utilizando-se os modelos organizacionais gerados pela atividade 2.A.2 Discover Actual Process from Event Log. Diante disso, a descoberta relacionada à esta prática foi *“In all tickets, who opens the ticket also conducts other activities in the incident management lifecycle, which is not allowed”*.

SD SP 3.1 Receive and Process Service Requests

Foi possível perceber, a partir da aplicação dos algoritmos de mineração de processos, em especial na atividade 2.A.5-Check Conformance to Business Rules, que apenas 2 das 1911 instâncias não realizaram a atividade “accept” após a execução da atividade “open”. Diante disso, a descoberta relacionada à esta prática foi *“2 out of 1911 tickets have not accepted the incident after opening the incident”*.

SD SP 3.2 Operate the Service System

Foi possível perceber, a partir da aplicação dos algoritmos de mineração de processos, em especial na atividade 2.A.5-Check Conformance to Business Rules, que todas as 1911 instâncias resolveram e na sequência fecharam o incidente. Diante disso, não há descoberta relacionada à esta prática.

Analisar os dados

Para a análise do estudo de casos, faz-se necessário resgatar o propósito definido, qual seja, testar o método “Process Mining Extension to SCAMPI” em situações reais para verificar o atendimento aos requisitos do método assim como a adequação ao uso. Sendo assim, foi feita a análise de atendimento aos requisitos, quais sejam:

O método estendido deve reduzir a subjetividade da análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas.

Este requisito foi atendido visto que a aplicação de técnicas de mineração de processos nos casos A e B permitiu que evidências fossem examinadas de maneira muito mais objetiva do que no método SCAMPI tradicional. Isto deve-se ao fato de que os resultados obtidos com os algoritmos de mineração de processos são determinísticos, ou seja, apresentam os mesmos resultados quando repetidos com os mesmos parâmetros e dados de entrada. Isto permitiu também um maior segurança por parte do avaliador quando do julgamento da implementação das práticas CMMI a partir das descobertas. Como as descobertas foram obtidas a partir de informações quantitativas, apresentadas na forma de resultados e índices nos algoritmos de mineração de processos, não houve muito o que se questionar no momento dos julgamentos.

O método estendido deve aumentar a confiabilidade em relação à seleção da amostra, seu tamanho e representatividade.

Este requisito foi atendido visto que com a aplicação de técnicas de mineração de processos, particularmente no caso B, foi possível maximizar o tamanho da amostra. Ainda que o número mínimo recomendado fosse de apenas 4, o caso B considerou todas as 1911 instâncias de processo disponíveis, ou seja, infinitamente mais instâncias do que o mínimo recomendado, tornando os resultados da avaliação seguramente mais confiáveis.

Além disso, notou-se que o método estendido também se demonstrou um grande aliado na própria atividade de seleção da amostra no caso A, pois a partir do logs de eventos e de ferramentas de mineração de processos como a ferramenta Disco, foi possível identificar claramente quais são os valores dos atributos (ex: grupos, localidades, etc) das instâncias de processos existentes na unidade organizacional avaliada. Estes valores são facilmente identificáveis nas ferramentas, sendo assim, úteis para líderes de avaliações identificarem os subgrupos requeridos pelo método SCAMPI.

O método estendido deve reduzir a quantidade de esforço e tempo da equipe (em especial nas atividades de coleta e análise de dados).

Este requisito foi atendido pois foi possível coletar (a partir dos sistemas de informações já disponíveis) e analisar uma quantidade muito maior de dados (de instâncias de processos) em tempo muito menor do que seria necessário para se fazer por meio de técnicas tradicionais de coleta e análise de dados, como revisão de documentos e entrevistas. Por exemplo, no caso B foram examinadas todas as 1911 instâncias de processo, sem afetar o desempenho dos algoritmos e tempo de análise dos resultados.

No caso B também foi descoberto que em todos os 1911 tickets, quem abre o incidente também realiza outras atividades no ciclo de vida do incidente, o que não é permitido. Este fato levaria tempo e esforço significativamente altos para ser descoberto via entrevistas ou revisão de documentos, incluindo-se também o tempo para coleta de evidências objetivas dos 1911 tickets. O mesmo acontece com a descoberta de que um item da política organizacional não foi observado em quase 472 dos 1911 tickets. Ou ainda, com a descoberta de que a maioria dos tickets (71%) não seguiram as variantes permitidas do ciclo de vida de um incidente.

O método estendido deve reduzir a dependência nas competências, habilidades e experiências dos avaliadores.

Este requisito foi atendido pois foi possível perceber que, uma vez capacitado em mineração de processos, o(s) membro(s) da equipe de avaliação, desempenhando o papel de analista de mineração de processos, pode(m) aplicar as técnicas de mineração de processos que possibilitam menor esforço e tempo de coleta e análise de dados; maior objetividade da análise de dados e julgamento de implementação de práticas e maior confiabilidade em relação à seleção da amostra. Isso sendo feito, sem depender do perfil de cada avaliador, que é variável.

Também foi feita a análise em relação à adequação ao uso. Para isso foram usados os critérios (já expostos) de viabilidade; usabilidade e utilidade, resultando no seguinte:

- a) O método estendido pode ser considerado viável, uma vez que pode ser integralmente seguido nos múltiplos casos conduzidos.
- b) O método estendido pode ser considerado utilizável, visto que os procedimentos, ferramentas e técnicas previstas foram fáceis de usar nos casos A e B, especialmente em virtude da documentação do método

“Process Mining Extension to SCAMPI” que apresenta com detalhes processos, atividades, práticas e outros aspectos a serem seguidos.

- c) O método estendido pode ser considerado útil, pois sua aplicação, nos múltiplos casos, resultou na redução das limitações do método SCAMPI tradicional.

Gerar relatório

O relatório, que reflete a condução e resultados do estudo de caso, foi elaborado contemplando as seções previstas e está divulgado no apêndice C nesta tese.

A seguir são apresentados o processo e resultados do passo metodológico 7-revisão pelos especialistas.

5.2 REVISÃO PELOS ESPECIALISTAS

Em termos da condução do processo, o passo metodológico “revisão pelos especialistas” foi executado conforme o planejamento feito (ver seção 2.) A seguir são apresentados, os resultados das tarefas: desenvolver um modelo teórico conceitual e constructos; planejar o survey; construir instrumento de coleta de dados – questionário; conduzir teste piloto; coletar os dados; analisar os dados; e gerar relatório.

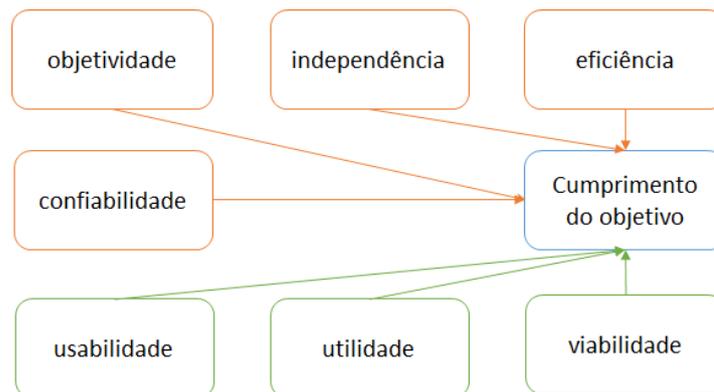
Desenvolver um modelo teórico conceitual e constructos

Os constructos - elementos conceituais relevantes dos quais derivam-se as variáveis a serem testadas - apresentados na Figura 71 foram baseados nas limitações identificadas do método SCAMPI e nos objetivos do método estendido, quais sejam:

- a) objetividade (q5): i.e. o método estendido é mais objetivo para se analisar dados e julgar a respeito da implementação das práticas, do que o método SCAMPI original.
- b) confiabilidade (q6): i.e. o método estendido fornece mais confiança em relação à seleção da amostra e sua representatividade, do que o método SCAMPI original.

- c) independência (q7): i.e. o método estendido é menos dependente dos avaliadores e suas competências, do que o método SCAMPI original.
- d) eficiência (q8): i.e. o método estendido demanda menos tempo e esforço da equipe de avaliação, do que o método SCAMPI original.
- e) utilidade (q9): i.e. o método estendido é útil, ou seja, minimiza algumas das limitações do método SCAMPI atual.
- f) viabilidade (q10): i.e. atividades, ferramentas e técnicas do método estendido são fáceis de usar.
- g) usabilidade (q11): i.e. o método estendido pode ser seguido.
- h) cumprimento do objetivo (q12): i.e. o método estendido é viável, utilizável e útil e define quais, quando, onde, como e porque aplicar técnicas de Mineração de Processos em avaliações SCAMPI.

Figura 71 - Constructos



Planejar o survey

Salienta-se que o planejamento do survey já foi descrito na seção 2, passo metodológico 7-Revisão pelos especialistas.

Construir instrumento de coleta de dados – questionário

Um questionário online, incluindo o objetivo, a “chamada inicial” e aspectos referente à confidencialidade e não atribuição, foi criado na ferramenta Polldaddy (www.polldaddy.com) levando em consideração seu objetivo e constructos identificados. O apêndice D traz o desenho final do questionário.

Conduzir teste piloto

O teste piloto feito, com 3 potenciais respondentes, demonstrou que alguns aspectos precisavam ser ajustados. Por exemplo, refinar o detalhamento da condução e resultados dos estudo de casos múltiplos, de maneira que o respondente tenha uma visão clara e aprofundada - dentro de limites impostos pela apresentação, formato e tamanho do questionário - sobre o método estendido, sua aplicação e resultados. Também foram identificados ajustes necessários no posicionamento, propósito e conteúdo das questões.

Coletar os dados

Uma vez ajustado, o questionário foi disponibilizado visando atingir o maior número possível de avaliadores SCAMPI (conhecidos como *appraisers*) e demais especialistas em CMMI, mediante a divulgação em fóruns específicos do LinkedIn. Entre os fóruns selecionados, destaca-se o “The CMMI Institute Partner Network”.

Conforme planejado, também foi realizada uma *walkthrough*, ou seja uma demonstração com alguns potenciais respondentes. Como parte desta demonstração, foi feito um repasse de conhecimento de maneira que tais avaliadores recebessem uma visão geral sobre o que é mineração de processos, como funcionam as técnicas e quais as suas aplicações no método proposto. O objetivo da demonstração foi familiarizar alguns especialistas em relação aos conceitos, técnicas, ferramentas de mineração de processos, assim como relatar como os casos foram conduzidos e quais os seus resultados.

Analisar os dados

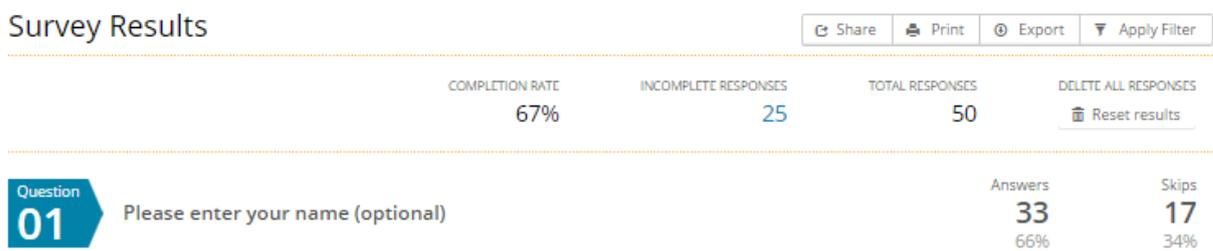
Antes de apresentar as análises, convém apresentar algumas características demográficas do *survey* e de seus respondentes, obtidas por meio das questões 01 a 04 do próprio *survey*, descritas a seguir:

Q1-Please enter your name (optional)

Conforme Figura 72, o *survey* foi respondido parcialmente por 25 pessoas e completamente por 50 pessoas, o que denota uma taxa de completude de 67%. Tal taxa pode ser considerada alta, visto que o questionário, embora não muito extenso em termos do número de questões, trazia muita informação (sobre conceitos de mineração de processos, método e sua aplicação) para ser lida como embasamento para se responder às questões. Dos 50 respondentes, 33 deles se identificaram. O

alfa de Cronbach foi 0,8981, o que representa uma boa consistência interna. Quanto ao tamanho da amostra, o valor planejado era 79. Sendo assim, os 50 respondentes representariam, considerado uma população de 430 unidades, um intervalo de confiança de 85 (e não 95%), um erro amostral de 10% e percentual populacional de 50%. Com estes parâmetros ajustados, o tamanho mínimo da amostra é 49, ou seja, menor do que o número de respondentes válidos (i.e. 50), tornando os resultados válidos e expansíveis, embora com confiabilidade de 85%.

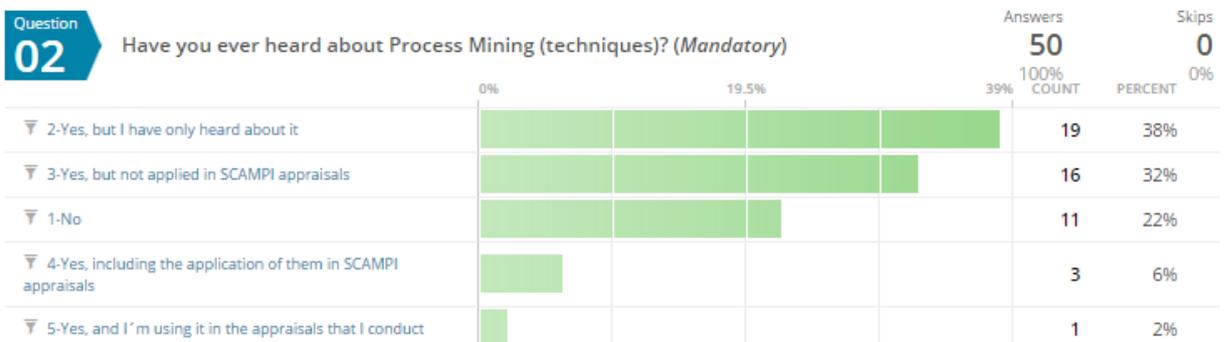
Figura 72 - Dados demográficos



Q2 – Have you ever heard about Process Mining (techniques)? (Mandatory)

Na Figura 73, é possível observar que 92% dos respondentes não conhecem (22%), apenas ouviram falar (38%) ou conhecem Mineração de Processos, mas não aplicada à avaliações SCAMPI (32%), o que demonstra que há um grande potencial de exploração do uso do método estendido e das técnicas de mineração de processos nas avaliações SCAMPI.

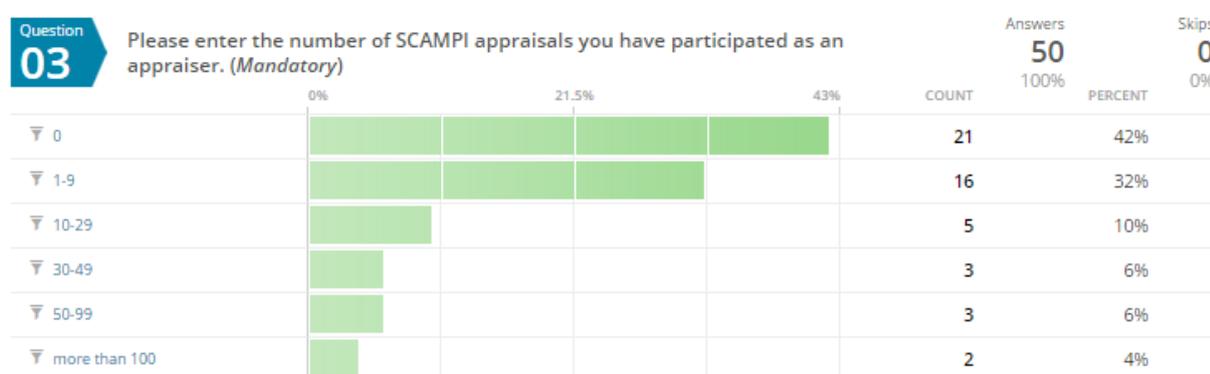
Figura 73 - Conhecimento sobre Mineração de Processos



Q3 – Please enter the number of SCAMPI appraisals you have participated as an appraiser. (Mandatory)

Na Figura 74, é possível notar que 42% respondentes nunca participaram de uma avaliação SCAMPI como avaliadores. Entretanto, pode ter ocorrido aqui algum problema de interpretação sobre o que significaria o termo *appraiser*, onde muitos podem ter entendido como sendo o líder da avaliação (lead appraiser). O que também não significa que estes 42% não tenha participado nem como entrevistados. Por outro lado, tem-se que 26% dos respondentes participaram como avaliadores em 10 ou mais avaliações, o que representa uma forte experiência.

Figura 74 - participação em avaliações



Q4- Please enter your experience time (in years) in process improvement (Mandatory)

Na Figura 75, é possível notar que os respondentes tem em média 13 anos de experiência com melhoria de processos. A mediana é de 11 anos. Ambos os valores representam uma forte experiência dos respondentes em termos de melhoria de processos, o que traz robustez aos resultados.

Figura 75 - Tempo de experiência com melhoria de processos



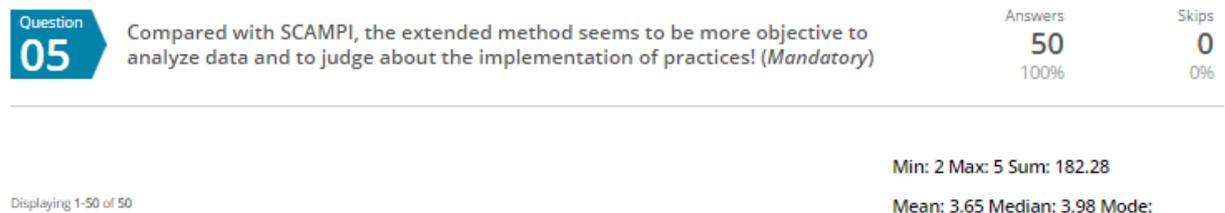
Para a análise dos dados referente à revisão pelos especialistas, convém resgatar qual era seu propósito: revisar, além do próprio método proposto e sua aplicação, se as limitações identificadas por meio da revisão sistemática de literatura foram devidamente endereçadas pelo método estendido, segundo a ótica dos

especialistas. Sendo assim, a primeira análise a ser feita é em relação ao método estendido e sua aplicação, por meio das seguintes questões:

Q5- Compared with SCAMPI, the extended method seems to be more objective to analyze data and to judge about the implementation of practices! (Mandatory)

Na Figura 76, é possível observar que tanto a média (3,65) como a mediana (3,98) são valores superiores a 3, ou seja, superiores ao valor central da escala. Isso significa que há uma concordância dos respondentes em relação à maior objetividade para analisar e julgar os dados relativos à execução das práticas no método estendido, quando comparado ao SCAMPI.

Figura 76 - Q5_objetividade para analisar dados



Q6- Compared with SCAMPI, the extended method seems to provide more confidence regarding sample selection and its representativeness! (Mandatory)

Na Figura 77, é possível observar que tanto a média (3,71) como a mediana (4) são valores superiores a 3, que é o valor central da escala. Isto significa que há uma concordância dos respondentes referente à confiança da amostra, sua seleção e representatividade no método estendido, quando comparado ao SCAMPI.

Figura 77 - Q6_confiança em relação à amostragem

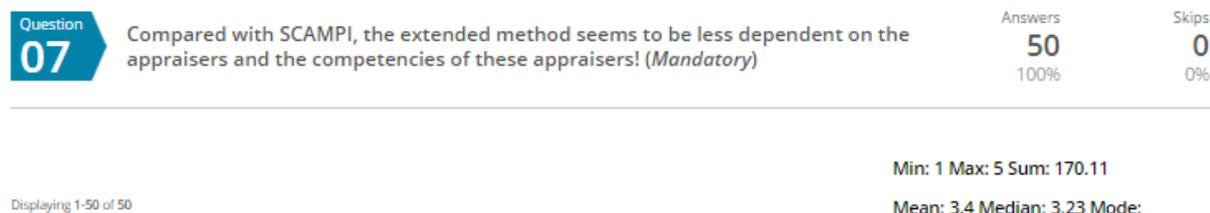


Q7- Compared with SCAMPI, the extended method seems to be less dependent on the appraisers and the competencies of these appraisers! (Mandatory)

Na Figura 78, é possível notar que tanto a média (3,4) como a mediana (3,23) são maiores do que 3 (que é o valor central da escala utilizada), representando uma

concordância dos respondentes em relação à menor dependência dos avaliadores e as suas competências no método estendido, quando comparado ao SCAMPI.

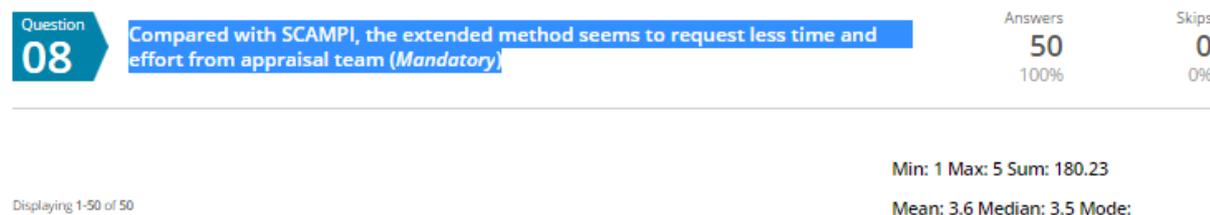
Figura 78 - Q7_dependencia dos avaliadores



Q8- Compared with SCAMPI, the extended method seems to request less time and effort from appraisal team (Mandatory)

Na Figura 79, é possível notar que tanto média (3,6) como a mediana (3,5) são superiores a 3 (que é o valor central da escala), o que representa que há uma concordância dos respondentes referente à menor demanda de tempo e esforço da equipe de avaliação no método estendido, quando comparado ao SCAMPI.

Figura 79 - Q8_menor tempo e esforço da equipe



Uma análise quanto aos critérios de adequação ao uso foi feita por meio das seguintes perguntas:

Q9-The extended method seems to be useful (i.e. tends to reduce some SCAMPI limitations)! (Mandatory)

Na Figura 80, é possível observar que tanto a média (3,73) como a mediana (4) é superior a 3, que é o valor central da escala. Isto significa que existe uma concordância dos respondentes em relação à utilidade do método estendido, ou seja, que ele cumpre seu objetivo de reduzir as limitações do método SCAMPI.

Figura 80 - Q9_utilidade do método

Question	Answers	Skips
09 The extended method seems to be useful (i.e tends to reduce some SCAMPI limitations)! (Mandatory)	50 100%	0 0%
Min: 2 Max: 5 Sum: 186.59		
Mean: 3.73 Median: 4 Mode:		

Displaying 1-50 of 50

Q10- The extended method seems to be feasible (i.e. activities, tools and techniques tend to be easy to use)! (Mandatory)

Na Figura 81, foi possível observar que a média (3,26) é superior a 3, que é o valor central da escala, embora a mediana ficou no valor central da escala. Isto significa que existe uma concordância limítrofe dos respondentes em relação à viabilidade do método estendido, ou seja, que atividades, técnicas e ferramentas são fáceis de usar.

Figura 81 - Q10_viabilidade do método estendido

Question	Answers	Skips
10 The extended method seems to be feasible (i.e. activities, tools and techniques tend to be easy to use)! (Mandatory)	50 100%	0 0%
Min: 1 Max: 5 Sum: 163.12		
Mean: 3.26 Median: 3 Mode:		

Displaying 1-50 of 50

Q11- The extended method seems to be usable (i.e. it could be followed)! (Mandatory)

Na Figura 82, foi possível observar que tanto a média (3,65) como a mediana (3,61) é superior a 3, que é o valor central da escala. Isto significa que existe uma concordância dos respondentes em relação à usabilidade do método estendido, ou seja, que ele pode ser seguido.

Figura 82 - Q11_usabilidade do método estendido

Question	Answers	Skips
11 The extended method seems to be usable (i.e. it could be followed)! (Mandatory)	50 100%	0 0%
Min: 2.5 Max: 5 Sum: 182.62		
Mean: 3.65 Median: 3.61 Mode:		

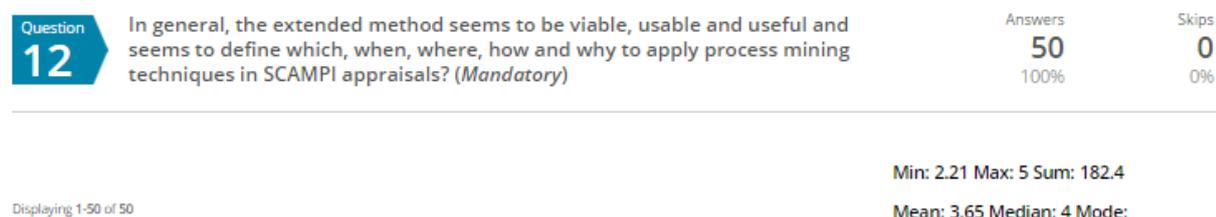
Displaying 1-50 of 50

Outra análise a ser feita é em relação à limitação encontrada na revisão sistemática de literatura, qual seja, há uma lacuna em termos de um método formal para guiar avaliadores sobre quais, como, onde, quando, e porque aplicar técnicas de mineração de processos em avaliações SCAMPI. Para esta análise, foi utilizada a seguinte pergunta:

Q12- In general, the extended method seems to be viable, usable and useful and seems to define which, when, where, how and why to apply process mining techniques in SCAMPI appraisals? (Mandatory)

Na Figura 83 foi possível observar que tanto a média (3,65) como a mediana (4) é superior a 3, que é o valor central da escala. Isto significa que existe uma concordância dos respondentes em relação ao método estendido cumprir seu objetivo, ou seja, ser viável, utilizável e útil e definir quais, quando, onde, como e porque aplicar técnicas de mineração de processos em avaliações SCAMPI.

Figura 83 - Q12_cumprimento do objetivo pelo método estendido



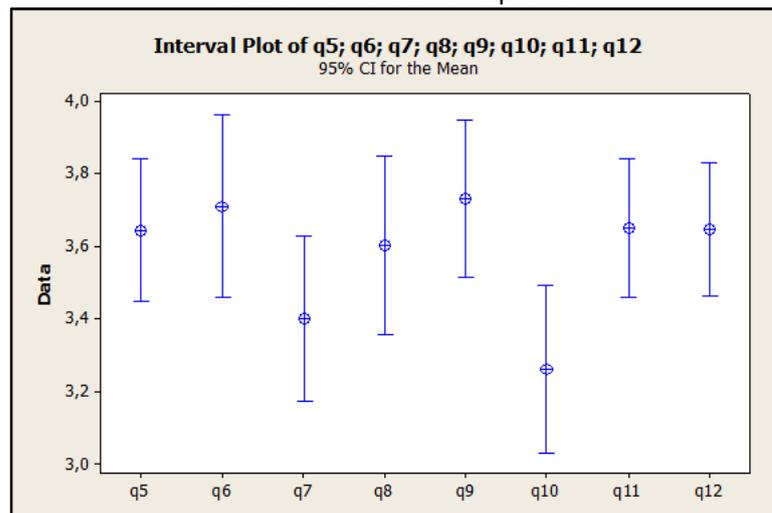
Para os testes de hipóteses previstos (i.e., *one-sample t*), foi estipulado como critério, que para um fator fosse considerado válido (i.e. atendido), seu desempenho deveria ser superior a 3,00, que é o valor central da escala representando a neutralidade. Nos testes de hipótese ($h_0=3$, $\alpha=0,05$), foram obtidos os seguintes resultados, comprovando o atendimento em todos os fatores, conforme pode ser visto na Figura 84. O resultado também é apresentado visualmente no Gráfico 04 que traz o *Interval plot* para cada fator. Nota-se que o intervalo de confiança (de 95%) para a média da população (inferida a partir da amostra) não contém o valor 3,00 em nenhuma das 8 medições, sendo sempre superior, o que representa que o método estendido tem melhor desempenho do que o método SCAMPI original, nos fatores investigados. Como exemplo, tem-se o fator Q10-viabilidade, o qual apresenta o intervalo de confiança entre 3,032 e 3,492, ou seja, superior a 3,00.

Figura 84 – Resultado do teste de hipótese

One-Sample T: q5; q6; q7; q8; q9; q10; q11; q12							
Test of mu = 3 vs not = 3							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
q5	50	3,6456	0,6942	0,0982	(3,4483; 3,8429)	6,58	0,000
q6	50	3,712	0,882	0,125	(3,461; 3,963)	5,71	0,000
q7	50	3,402	0,800	0,113	(3,175; 3,630)	3,55	0,001
q8	50	3,605	0,861	0,122	(3,360; 3,849)	4,96	0,000
q9	50	3,732	0,764	0,108	(3,515; 3,949)	6,77	0,000
q10	50	3,262	0,809	0,114	(3,032; 3,492)	2,29	0,026
q11	50	3,6524	0,6730	0,0952	(3,4611; 3,8437)	6,85	0,000
q12	50	3,6480	0,6502	0,0920	(3,4632; 3,8328)	7,05	0,000

Fonte: Ferramenta Minitab

Gráfico 04 – Teste de hipótese



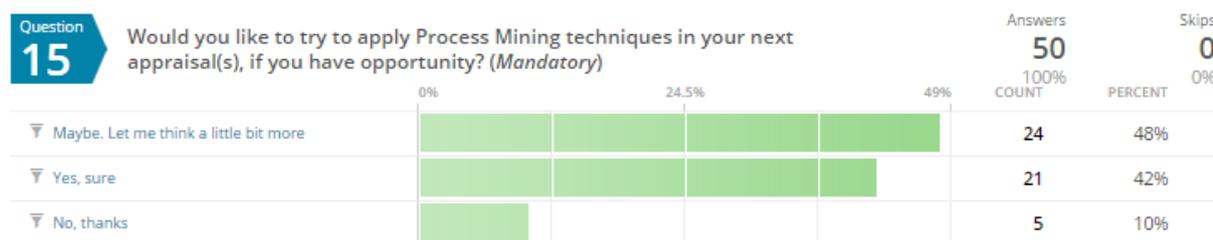
Nota: q5-Objetividade; q6-Confiabilidade; q7-Independência; q8-Eficiência; q9-Utilidade; q10-Viabilidade; q11-Usabilidade; q12-Cumprimento do Objetivo.

Adicionalmente, foi feita uma análise quando a intenção de uso da mineração de processos nas próximas avaliações do respondentes:

Q15- *Would you like to try to apply Process Mining techniques in your next appraisal(s), if you have opportunity? (Mandatory)*

Na Figura 85 foi possível observar que 90% dos respondentes estão inclinados a usar técnicas de mineração de processos nas próximas avaliações (48%) ou o usariam (42%) caso houvesse oportunidade. Em outras palavras, 10% dos respondentes não as usariam, o que demonstra novamente o potencial de exploração do método estendido.

Figura 85 -Inclinação para uso de Mineração de Processos



Por fim, o questionário foi utilizado também para capturar pontos fortes, pontos fracos e oportunidades de melhoria em relação ao método estendido, por meio da seguinte pergunta:

Q13- Please let me know if you have any feedback (including weaknesses, strengths and improvement opportunities) about the “Process Mining Extension to SCAMPI”.

Esta pergunta foi respondida por 34% dos respondentes. Em linhas gerais, obteve-se o seguinte: as principais respostas como pontos fortes foram relacionadas à possibilidade de se analisar amostras maiores de dados, reduzindo o tempo de análise dos avaliadores e mostrando a eles onde se focar; e também a uma maior aplicabilidade em um contexto de serviços, que é normalmente suportado por ferramentas. Além destas, alguns especialistas comentaram sobre o método estendido ser inovador e ser um apoio aos líderes de avaliação na condução de suas atividades. As principais respostas como pontos fracos, foram referentes à dependência de ferramentas que capturem e gerem dados a serem analisados por mineração de processos assim como comentários referentes à qualidade, busca e transformação de dados em logs de eventos no formato esperado pelas ferramentas de mineração de processos. Adicionalmente, existiram alguns comentários sobre a dificuldade de se substituir as competências dos avaliadores assim como o fato que o método estendido não cobre a revisão de conteúdo de documentos, requerida pelo SCAMPI. Como oportunidades de melhoria teve a sugestão de avaliar qual é a cobertura do método estendido para as práticas do CMMI-SVC e CMMI-DEV

Gerar relatório

O relatório, que reflete a condução e resultados do *survey*, foi elaborado contemplando as seções previstas e está divulgado no apêndice E desta tese.

Nesta seção foi apresentada a aplicação do método desenvolvido mediante a aplicação do método estendido em um estudo com 2 casos, assim como a condução de uma revisão por especialistas, do método, sua aplicação e atendimento dos objetivos.

A seção a seguir traz a interpretação e discussão dos resultados alcançados nesta pesquisa.

6. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção é apresentada a interpretação e discussão dos resultados, contemplando o passo metodológico 8-Interpretação e discussão de resultados, a seguir.

6.1 PASSO METODOLÓGICO 8

Para a relato deste passo metodológico, faz-se necessário resgatar seu propósito, qual seja, interpretar e discutir os resultados alcançados com o desenvolvimento do método, running example, estudo de casos e revisão pelos especialistas. Inclui também a verificação se os objetivos de pesquisa foram devidamente alcançados pela condução desta pesquisa. Salieta-se que este passo metodológico também visava interpretar e discutir as relações entre os passos metodológicos, apresentadas na seção 2, quais sejam, “teste unitário”, “teste”, “revisão”, “verificação” e “validação”.

A seguir é feita a interpretação e discussão dos resultados chave desta pesquisa, ou seja, o método estendido e sua aplicação.

Método estendido

O método estendido é o resultado da exploração e integração de conteúdos de várias disciplinas: engenharia de software e sistemas; modelos de melhores práticas; métodos de avaliação de processos e mineração de processos.

Em termos de engenharia de software e sistemas, em uma visão resumida, o método estendido é o resultado da execução do seguinte ciclo de vida de desenvolvimento: identificação de requisitos; avaliação de alternativas e decisão sobre a solução técnica para os requisitos identificados; concepção dos componentes que endereçam os requisitos; implementação desses componentes; integração dos componentes ao método SCAMPI e verificação e validação do método.

Referente aos modelos de melhores práticas, o método estendido é o resultado da compreensão sobre quais são os elementos da arquitetura dos modelos CMMI, como eles são implementados nas organizações e como suas implementações são examinadas em avaliações SCAMPI. Adicionalmente, foram

identificados quais são os elementos avaliáveis do CMMI e como podem ser examinados mediante técnicas de mineração de processos.

No que diz respeito aos métodos de avaliação, o método estendido é o resultado do entendimento dos conceitos de artefatos, evidência objetiva, e da dinâmica das estratégias, abordagens e técnicas de coleta, análise e julgamento de dados. Tais aspectos, presentes no método SCAMPI, foram considerados quando do desenvolvimento do método estendido.

Em relação à mineração de processo, o método estendido é o resultado identificação e caracterização das técnicas, atividades e algoritmos de mineração de processos assim como da identificação de quais destes elementos, e como, podem ser integrados a um método específico de avaliação de processo de software.

Running example e relação “teste unitário”

Considerado como atividade integrante do desenvolvimento do método, conduziu-se o *running example*, com a seguinte interpretação e discussão de resultados:

Além de ajudar na identificação de ferramentas, técnicas e algoritmos de Mineração de Processos a serem utilizados no método estendido, com a condução do processos e resultados do *running example* foi possível concluir com base em fatos que técnicas de mineração de processos podem ser aplicadas nas avaliações SCAMPI, especialmente a) se há um *log* com dados pertinentes que ferramentas de mineração de processos podem manipular e b) se há modelos de processos *de Jure* e regras de negócio antecipadamente.

O *running example* mostrou que a aplicação de técnicas de mineração de processos em avaliações de processo também permite uma seleção amostral de tamanho maior de instâncias a serem examinadas em uma avaliação; ainda que todas as instâncias do processo possam ser consideradas, como foi no caso deste *running example*. Apesar do tamanho amostral ser mais elevado, técnicas de mineração de processos permitem uma identificação rápida e fácil do processo real sendo utilizado (através da descoberta do processo). Permitem também a verificação de conformidade em relação ao modelo *de Jure* (por meio do indicador *fitness* e outros algoritmos, como o *Footprint Similarity*) e às regras de negócio (por exemplo, via algoritmo *LTL Checker* e *SCIFF Checker*). Assim, os avaliadores tendem a empregar menos tempo na coleta e análise das evidências. Eles também

irão avaliar mais instâncias que o habitual. É importante notar que esta abordagem implica em um esforço extra (uma vez que novas atividades precisam ser realizadas) durante a fase de preparação da avaliação, mas que levam à uma maior profundidade e cobertura das instâncias, o que faz que a inferência baseada em amostras – princípio das avaliações de processos - seja mais robusta, mantendo o mesmo nível de esforço durante a fase presencial da avaliação, quando comparado à uma situação específica de avaliação tradicional onde uma grande amostra é selecionada.

O *running example* também serviu para a avaliação quanto ao atendimento dos requisitos identificados para o método. A seguir são apresentadas as avaliações de cada um deles.

-O método estendido deve reduzir a subjetividade da análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas.

Este requisito foi atendido visto que a aplicação de técnicas de mineração de processos ao longo do *running example* permitiu que evidências objetivas fossem examinadas de maneira muito mais objetiva (i.e. baseada em fatos e dados) do que no método SCAMPI tradicional, incluindo o fato de que os resultados obtidos com os algoritmos de mineração de processos são determinísticos, ou seja, apresentam os mesmos resultados quando repetidos com os mesmos parâmetros e dados de entrada.

- o método estendido deve aumentar a confiabilidade em relação à seleção da amostra, seu tamanho e representatividade.

Este requisito foi atendido no sentido de que com a aplicação de técnicas de mineração de processos foi possível maximizar o tamanho da amostra (foram consideradas 527 instâncias, ou seja, a totalidade de instâncias naquele determinado período amostral) sem afetar consideravelmente o desempenho dos algoritmos e tempo de análise dos resultados. Este mesmo contexto, em um cenário real de avaliação de processos tipicamente utilizaria apenas algumas poucas unidades como amostra.

-O método estendido deve reduzir a quantidade de esforço e tempo da equipe (em especial nas atividades de coleta e análise de dados).

Este requisito foi atendido pois foi possível coletar (a partir dos sistemas de informações já disponíveis) e analisar uma quantidade muito maior de dados (de instâncias de processos) em muito tempo menor do que seria necessário para se fazer por meio de técnicas tradicionais de coleta e análise de dados, como revisão de documentos e entrevistas. Por exemplo, foi descoberto que em todas as 527 demandas da fábrica, quem realiza a atividade QC-Quality Control é alguém diferente do executor da atividade teste. Este fato levaria tempo e esforço significativamente altos para ser descoberto via entrevistas ou revisão de documentos, incluindo-se também o tempo para coleta de evidências objetivas das 527 demandas da fábrica. O mesmo acontece com a descoberta de que em 10 demandas a atividade de teste encerrou antes da finalização da atividade de codificação. Ou ainda, com a descoberta de que todas as 527 demandas executaram todas as atividades do ciclo de vida da fábrica.

-O método estendido deve reduzir a dependência nas competências, habilidades e experiências dos avaliadores.

Este requisito foi atendido pois foi possível perceber que, uma vez capacitado em mineração de processos, um avaliador de processos na equipe pode aplicar as técnicas de mineração de processos que possibilitam menor esforço e tempo de coleta e análise de dados; maior objetividade da análise de dados e julgamento de implementação de práticas e maior confiabilidade em relação à seleção da amostra. Isso sendo feito, sem depender do perfil de cada avaliador, que é variável.

Aplicação do método

Quanto à aplicação do método, os resultados alcançados dizem respeito à condução do estudo de casos e da revisão pelos especialistas.

Estudo de casos e relação “teste”

Em relação ao estudo de casos, conforme análise de dados apresentada na seção 5, passo metodológico 6-Estudo de casos, pode-se afirmar que além de testar o método estendido, com a condução dos casos foi possível corroborar que o método estendido é viável, utilizável e útil e que técnicas de mineração de processos podem ser aplicadas com benefícios nas avaliações SCAMPI, reduzindo limitações como tempo e esforço para coleta e análise de dados; dependência da experiência e

competências de avaliadores; baixa confiabilidade na amostragem e subjetividade para julgamento sobre a implementação das práticas CMMI. Adicionalmente, conclui-se o seguinte: dado que a mineração de processos diz respeito ao exame de eventos de processos que são suportados por sistemas de informação, a condução de avaliações SCAMPI auxiliadas por mineração de processo será sempre restrita à unidades organizacionais que apresentem tal característica e que tais sistemas de informação registrem os dados de processo em formato, qualidade e conteúdo específicos demandados pela mineração de processos.

Neste ponto, tem-se a interpretação e discussão sobre a confiabilidade e validade deste estudo de casos, para o qual interpreta-se o seguinte:

O estudo de casos é confiável visto que as tarefas planejadas para o estudo de casos, assim como as atividades para a aplicação do método estendido são repetíveis e apresentarão resultados similares caso sejam replicadas em cenário, contexto, entradas e dados similares.

O estudo de casos é válido, internamente, pois as conclusões obtidas são fundamentadas em evidências objetivas (i.e. fatos e artefatos) as quais foram transformadas em descobertas mediante o protocolo definido.

O estudo de caso é válido, externamente, em virtude do seguinte:

- O método proposto foi desenvolvido baseado em algumas premissas e princípios de *design* que visam torná-lo, assim como o próprio método SCAMPI: a) acurado, no sentido de que os resultados alcançados realmente refletem a maturidade das práticas nos processos sendo executados; b) repetível, no sentido de serem consistentes com outras avaliações conduzidas em condições similares; e c) independente da experiência dos avaliadores.

- A aplicação do método estendido, nos múltiplos casos, seguiu o processo previsto no próprio método. Além disso, as técnicas de mineração aplicadas (i.e. algoritmos e seus resultados) são determinísticos, ou seja, apresentam os mesmos resultados quando repetidos com os mesmos parâmetros e dados de entrada.

Revisão pelos especialistas e relação “revisão”

Em relação à revisão pelos especialistas, conforme apresentado na seção 5, pode-se afirmar que além de revisar o método estendido e sua aplicação, com a condução do passo metodológico 7-Revisão pelos especialistas foi possível comprovar, via teste de hipótese, que o método estendido é viável, utilizável e útil; e

que reduz as principais limitações do SCAMPI atual. Sendo assim, técnicas de mineração de processos podem ser aplicadas com benefícios nas avaliações SCAMPI, pois reduzem limitações como tempo e esforço para coleta e análise de dados; dependência da experiência e competências de avaliadores; baixa confiabilidade na amostragem e pouca objetividade para julgamento sobre a implementação das práticas CMMI.

A seguir é apresentada a relação “verificação”, a qual visa verificar se os objetivos da pesquisa foram devidamente alcançados pela condução da pesquisa.

6.2 AVALIAÇÃO DOS OBJETIVOS DE PESQUISA

Para uma avaliação mais coerente do cumprimento dos objetivos geral e específicos, faz sentido inverter a ordem de avaliação, iniciando-se pelos objetivos específicos para só então avaliar o geral.

OE 1 Identificar as limitações dos métodos de avaliação de processos existentes, em especial o SCAMPI, e traduzir tais limitações em requisitos para um método a ser desenvolvido.

Este objetivo foi alcançado pela pesquisa, visto que limitações dos métodos de avaliação de processos existentes foram identificadas na seção 1, assim como por meio de revisão sistemática de literatura, apresentada na seção 3. Posteriormente, na seção 4, as limitações identificadas foram base para a identificação de requisitos para o método.

OE 2 Caracterizar os elementos “avaliáveis” do modelo CMMI-DEV e de uma organização que adota o CMMI, identificando como eles se relacionam com a Mineração de Processos, e quais deles são mais aptos a serem examinados por Mineração de Processos em uma avaliação SCAMPI.

Este objetivo foi alcançado pela pesquisa, uma vez que na seção 3 foi feita a caracterização dos elementos arquiteturais do CMMI e na seção 4, foram identificados, utilizando-se critérios estabelecidos, os elementos do CMMI mais aptos a serem examinados por mineração de processos.

OE 3 Identificar quais e como técnicas de mineração de processos podem ser aplicadas como abordagens complementares ou alternativas de coleta e análise de dados nas avaliações SCAMPI.

Este objetivo foi alcançado pela pesquisa, uma vez que na seção 3 foi feita a identificação de quais são as técnicas, tipos e algoritmos de mineração de processos, e na seção 4, foram identificadas quais dessas técnicas (e como), poderiam ser aplicadas como abordagem complementares ou substitutas de coleta e análise de dados nas avaliações SCAMPI.

OE 4 Com base nas definições anteriores, desenvolver um método para a aplicação de técnicas de mineração de processos nas avaliações de processo de software baseadas no SCAMPI.

Este objetivo foi alcançado pela pesquisa, pois o método estendido foi desenvolvido mediante a execução do passo metodológico 4-Elaboração do “Process Mining Extension to SCAMPI”, apresentado na seção 4.

OE 5 Aplicar e avaliar o método desenvolvido em situações reais de avaliação de processos de software. Para esta avaliação, considerar os requisitos identificados e as expectativas de uso do método.

Este objetivo foi alcançado, conforme resultados alcançados nos passos metodológicos 7-Estudo de caso e 8-Revisão pelos especialistas, ambos apresentados na seção 5 e discutidos na seção 6.

Por fim, verifica-se o objetivo geral:

OG Desenvolver um método viável, utilizável e útil, que reduza as limitações do método SCAMPI atual, e que defina quais, quando, onde, como e porque aplicar de técnicas de mineração de processos em avaliações de processos baseadas no SCAMPI.

Ainda que existam limitações (as quais serão apresentadas na seção secundária 6.3) associadas ao método e à sua aplicação, o objetivo geral desta pesquisa foi alcançado, conforme resultados obtidos nos passos metodológicos 5-Elaboração do “Process Mining Extension to SCAMPI”, 6-Condução do Running Example e 7-Estudo de casos, descritos nas seções 4 e 5 e discutidos na seção 6.

6.3 LIMITAÇÕES

Considerando-se o método “Process Mining Extension to SCAMPI” em si, tem-se as seguintes limitações:

O método estendido contempla apenas o método SCAMPI

Embora tenha existido, durante o desenvolvimento desta pesquisa, uma decisão de se reduzir o escopo do método para contemplar apenas o método SCAMPI, esta decisão afetou a penetrabilidade dos benefícios das técnicas de mineração de processos em outros contextos de processos de software como as normas ISO/IEC 15504 e os modelos eSCM.

O método estendido requer que existam dados da execução dos processos, e no formato apropriado para a Mineração de Processos

A existência de dados, nos tipos apropriados, é uma premissa para a mineração de processos. Consequentemente, essa mesma premissa é válida também para o método estendido. Operações de software que tendem a coletar dados, nos tipos/formatos apropriados, da execução de seus processos são aquelas associadas à um ciclo dinâmico e curto, como por exemplo as operações de serviços de software ou manutenção corretiva de software. Nestes cenários, normalmente existe um processo padrão, com poucas variantes permitidas. Também são caracterizados por inúmeras instâncias de processos, porém de curta duração. Uma vez que as operações são de serviços ou manutenção de software, clientes requerem que tais solicitações sejam de fato resolvidas, e no menor tempo possível. Sendo assim, faz-se necessário um controle apurado da execução de cada uma das requisições. Isto normalmente é feito por meio de um sistema de informação, onde as requisições são registradas, tratadas, resolvidas e submetidas novamente ao cliente. Isto tudo acarreta em uma probabilidade (e aptidão) maior de tais operações apresentarem os dados no volume, detalhamento e formato esperado pelo método estendido.

No outro extremo, encontram-se as operações de desenvolvimento tradicional de software, caracterizado por longos ciclos, nos quais o cliente espera meses (ou anos) pelo software demandado. Mesmo quando suportados por alguma ferramenta de software para suportar a execução destes ciclos, estas ferramentas tendem a não

registrar eventos com o detalhamento necessário para a Mineração de Processos, e normalmente não apresentam, por exemplo, quais as atividades realizadas, executores, *timestamps* de início e fim e outras informações associadas. Isto deve-se ao fato que tais operações ainda não sentem a necessidade de se ter um controle tão apurado quanto cenários de serviços ou manutenção de software.

O método estendido requer que dados da execução dos processos sejam coletados e transformados previamente à fase de condução da avaliação

O método estendido foi concebido de maneira a reduzir o esforço de análise de dados e aumentar a confiança em relação ao julgamento de práticas do modelo CMMI. Para se conseguir isso, é necessário executar atividades do método estendido posicionadas na fase de planejamento e preparação da avaliação. Tais atividades dizem respeito à obtenção de dados organizacionais referente às instâncias de processos selecionadas para a avaliação e à transformação de tais dados em log de eventos legíveis pela Mineração de Processos. Além disso, nesta fase também precisam ser obtidos o modelo *de Jure* e as regras de negócio aplicáveis. Isto implica em esforço e tempo por parte de pessoas na unidade organizacional a ser avaliada, assim como do próprio líder da avaliação (ou alguém por ele delegado), mas espera-se que isto diminua o esforço na fase de condução e traga uma maior confiabilidade em termos de amostragem, e maior objetividade na coleta e análise de dados. Uma possível mitigação para esta limitação é fazer com que as organizações que se submetem à avaliações SCAMPI mantenham artefatos e elementos de mineração ao longo da própria execução dos processos (para vários fins, inclusive) não limitando-se a fazê-lo somente na fase inicial de uma avaliação SCAMPI.

As técnicas de mineração de processos não são capazes de avaliar a adequação de conteúdo de artefatos do processo avaliado

Embora as técnicas de mineração de processos possam contribuir para as avaliações de processos SCAMPI, elas endereçam a execução dos processos, em termos de atividades realizadas e sua sequências; envolvimento de executores e seus papéis; e conformidade com modelos *de Jure* e regras de negócios. Alguns algoritmos, como descrito em (DE MEDEIROS, 2007) são capazes de tratar a semântica de dados atributos, quando esta está presente. Entretanto, as técnicas

existentes de mineração de processos não substituem a revisão de documentos, onde a adequação do conteúdo das evidências objetivas do tipo artefato é examinada (manualmente) em relação ao atendimento da implementação das práticas dos modelos CMMI.

O método estendido não cobre a totalidade das áreas de processos dos modelos CMMI, nem a totalidade das práticas específicas e genéricas nas áreas de processo cobertas

Embora o método estendido tenha (em média) 75% das áreas de processos do CMMI-DEV e práticas genéricas, classificadas como alta ou média aptidão para serem examinadas por Mineração de Processos, este número não é 100%, de maneira que existem componentes dos modelos CMMI que dificilmente se beneficiam via uma investigação por mineração de processos.

O método estendido requer competências de mineração de processos por parte dos avaliadores

Como atividade inerente ao método estendido, avaliadores deverão receber capacitação em mineração de processos (ou então já dominam mineração de processos), de maneira que a avaliação possa realmente se beneficiar com o uso das técnicas de mineração de processos. A diferença desta limitação em relação à limitação atual do SCAMPI no que diz respeito à dependência dos avaliadores, é que, um avaliador, um vez que siga o método estendido, provavelmente encontrará os mesmos resultados que um outro avaliador, o que raramente é verdade no método SCAMPI tradicional.

O método estendido requer o uso de ferramentas específicas de mineração de processos

Embora a grande maioria das ferramentas de mineração sejam *open-source*, isso não significa que eles são triviais de serem utilizadas. Elas requerem um certo tempo de uso para o aprendizado, e em virtude que nossas versões surgem regularmente, é necessário que o avaliador esteja sempre ciente dos últimos recursos de tais ferramentas, e possa eventualmente decidir quando utilizar novas versões das ferramentas nas avaliações de processos baseadas no SCAMPI.

O método estendido pode requerer evoluções regulares, em virtude de novas técnicas e algoritmos de mineração de processos

Atualmente, técnicas e algoritmos de mineração de processos estão distribuídos, além da ferramenta ProM, em outras ferramentas de mineração de processos. Além disso, o número atual de algoritmos é muito alto. Por exemplo, o ProM 5.2, que não é a última versão disponível, apresenta mais de 280 plugins para mineração, análise, conversão e exportação de processos. Além disso, o número de técnicas (e algoritmos) aumenta com o tempo, pois técnicas são refinadas, melhoradas ou criadas. Adicionalmente, a pertinência de uma determinada técnica de mineração de processos depende dos tipos de dados disponíveis e dos objetivos e questões da avaliação a serem endereçados por Mineração de Processos.

Considerando-se a aplicação do método “Process Mining Extension to SCAMPI”, apresentaram-se as seguintes limitações:

O estudo de casos ficou limitado a casos bastante similares, e conduzidos pelo pesquisador

Conforme exposto anteriormente, apresentaram-se dificuldades em se obter as condições ótimas planejadas em termos das características e quantidade dos casos típicos. Sendo assim, diante das condições disponíveis, foi tomada a decisão de variar-se o número de instâncias de processos em cada um dos casos disponíveis, em uma abordagem contrastante: número mínimo recomendado de instâncias conforme regra de amostragem do SCAMPI e número máximo de instâncias de processos disponíveis. Ainda que tal abordagem tenha sido decidida e executada (embora pelo próprio pesquisador atuando como líder de avaliação, o que pode representar algum viés), alguns poderiam questionar se não há uma lacuna significativa quanto à extensão dos resultados. Entretanto, este é um aspecto aplicável somente para os resultados específicos e não para a conclusão geral de que a mineração de processos pode encontrar, em avaliações SCAMPI, aspectos relevantes que as técnicas tradicionais de coleta e análise de dados não encontrariam, sobretudo dentro do tempo e esforços disponíveis, como por exemplo a capacidade de se analisar a totalidade da população de instâncias de processos (ou um número amostral significativamente grande) ao invés de se utilizar um número amostral baixo; assim como a capacidade de se descobrir e visualizar, em

segundos, o processo realmente sendo executado. Adicionalmente, não há razão para se imaginar que os resultados obtidos neste estudo de casos, seriam substancialmente diferentes em outros cenários aplicáveis de avaliações SCAMPI auxiliados por mineração de processos.

Medições e análises comparativas sobre a duração de atividades no método estendido em relação ao método SCAMPI original não foram feitas

Em virtude das dificuldades em se obter as condições ótimas planejadas em termos das características e quantidade de casos tipificantes, não foram feitas medições comparativas em relação ao método SCAMPI tradicional, sobre o desempenho quantitativo do método estendido no que diz respeito ao tempo e esforço de coleta e análise de dados. A limitação deve-se ao fato que, em uma avaliação SCAMPI C, raramente se coletam métricas e ainda que fossem coletadas e analisadas medições nos dois casos conduzidos, tais dados teriam representatividade estatística insignificante (em virtude do número amostral baixo), além de que os casos foram pilotos na aplicação de técnicas de Mineração de Processos, o que pode não retratar com acurácia o real desempenho.

A revisão pelos especialistas pode não ter sido potencializada

Na construção do *survey*, fez-se necessário encontrar um balanço entre a amplitude de informações a serem revisadas pelos especialistas e o nível de detalhamento de tais informações. Assumindo que o tempo, atenção e comprometimento dos especialistas para se responder questionários, hoje em dia, não são altos (por diversos fatores que não serão explorados aqui), e que estes não poderiam ser estendidos sob o risco de que os especialistas abandonassem o questionário incompleto, decidiu-se por uma abordagem balanceada. Colocou-se, no questionário, um espectro pertinente de informações de maneira que o respondente compreendesse tudo o que foi feito em termos do método e sua aplicação, mas também estas informações foram expostas em um nível de profundidade que permitisse um embasamento mínimo para que o especialista pudesse responder as perguntas com convicção. Diante dessa abordagem balanceada, em detrimento à uma abordagem com a apresentação exaustiva, em termos de largura e profundidade, de informações; pode ser que a revisão pelos especialistas não tenha sido potencializada em termos das contribuições que seriam obtidas caso os

especialistas dispusessem de tempo, atenção e comprometimento ótimos para uma revisão ampla e aprofundada do método, sua aplicação e resultados. Salienta-se ainda, que com esta abordagem, a taxa de completude foi de 67%, considerada alta.

Nesta seção foram apresentadas a interpretação e discussão dos resultados. O objeto desta discussão envolveu o método proposto, o *running example*, o estudo de casos e a revisão pelos especialistas. Os objetivos de pesquisa também foram avaliados.

A seção a seguir finaliza a tese, apresentando as conclusões. Também são identificadas as limitações e possíveis trabalhos futuros.

7. CONCLUSÃO

Nesta seção são apresentadas as contribuições da pesquisa, os potenciais trabalhos futuros, e a conclusão final, contemplando o passo metodológico 9- Conclusão.

7.1 CONTRIBUIÇÕES

Para a avaliação das contribuições, novamente será dado o enfoque “processo” e “conteúdo/resultados”. Em termos do processo, a tese traz um alto nível de trabalho empírico e de teste de teoria, visto que vai além de proposição de cunho teórico, apresentando diversos passos metodológicos referentes à verificação e validação do método proposto.

É inovadora, pois aplica conceitos tradicionais de engenharia de software e de sistemas em um contexto de pesquisa (e metodologia) científica, no mínimo, nas seguintes situações:

- a) no delineamento dos passos metodológicos, com a utilização do amplamente reconhecido ciclo de vida de desenvolvimento “*V-model*”, onde, no contexto desta tese, elementos à esquerda são passos metodológicos que visam responder a questionamentos apresentados nos passos à direita;
- b) No desenvolvimento e aplicação do método estendido, onde práticas específicas (como por exemplo, desenvolvimento de requisitos e integração de componentes) da área de processos SSD-*Service System Development* do modelo CMMI for Services foram seguidas, as quais, por sua vez, foram adaptadas da engenharia de software e sistemas para o desenvolvimento de serviços, e classificadas como boas práticas também associadas à gestão e operações de serviços;
- c) Na revisão pelos especialistas, onde o princípio da técnica Delphi foi utilizado quando do planejamento de quem (e como) responderia o survey. Tal conceito refere-se à vários especialistas emitindo opiniões de forma independente visando atingir-se um consenso sobre um determinado assunto;
- d) Na revisão pelos especialistas, onde especialistas selecionados participaram de uma demonstração (i.e., *walkthrough*), técnica consagrada de

engenharia de software e sistemas, que no contexto desta tese, contemplou os conceitos de Mineração de Processos, o método estendido e sua aplicação;

Além destas características, no decorrer desta tese, sempre foram endereçados os aspectos “planejamento”, “processo” e “conteúdo/resultados”. Desta maneira, além de apresentar o conteúdo resultante, o que é típico das teses de doutorado, foram apresentados também o planejamento e a condução do processo em cada passo metodológico. Em adição, sempre foi ressaltado quando a execução desviou-se do planejamento feito anteriormente.

Em termos de resultados/conteúdo, a tese é inédita pois apresenta o desenvolvimento de um método (comprovadamente) utilizável, útil e viável; que reduz as principais limitações do método SCAMPI e constitui-se de um guia claro de quais, como, onde, quando e porque aplicar as técnicas de mineração de processos em avaliações SCAMPI. Tal método posiciona, ainda, a mineração de processos como abordagem complementar (e substituta em alguns pontos) às técnicas tradicionais de coleta e análise de dados e de julgamento sobre a implementação de práticas CMMI em uma organização.

Além destas, são identificadas as seguintes contribuições:

- a) levantamento e caracterização de técnicas de coleta e análise de dados do método de avaliação de processos mais amplamente utilizado;
- b) identificação e caracterização das principais técnicas (e algoritmos associados) de mineração de processos que podem ser aplicadas como técnicas de coleta e análise de dados em métodos de avaliações de processos;
- c) desenvolvimento do método estendido, constituído por uma base conceitual rica, uma vez que contempla uma teoria própria mas que também considera trabalhos já existentes, e apresentação do mesmo em um formato de relatório técnico, prontamente utilizável pela comunidade de SCAMPI appraisers e outros especialistas CMMI;
- d) aplicação do método, com relevância prática, visto que contribui para a execução de avaliações com mais eficiência, objetividade, independência e confiabilidade do que com o método SCAMPI tradicional.

Esta pesquisa resultou também em algumas apresentações e/ou publicações de trabalhos, a seguir:

- a) em particular, esta apresentação foi o primeiro momento onde a pesquisa foi divulgada: (VALLE; PORTELA, 2013);
- b) esta apresentação foi a primeira divulgação externa, na Holanda: (VALLE; PORTELA; LOURES, 2013);
- c) Posteriormente, o framework (embrião do método estendido) foi exposto nesta apresentação, no Canadá: (VALLE et al., 2014).
- d) Um novo refinamento, em relação à estrutura e conteúdo, foi exposto nesta apresentação, nos Estados Unidos: (VALLE NETO et al., 2014).
- e) Por fim, uma versão ainda mais evoluída, foi apresentada na Itália e posteriormente publicada como *proceedings*: (VALLE; PORTELA; LOURES, 2014).

Além destes, outro artigo referente à conclusão da tese, e que consolida o método e os resultados alcançados com sua aplicação, está sendo preparado para submissão em periódico.

Adicionalmente, foram apresentados e/ou publicados os seguintes trabalhos ao longo do programa de doutorado, mas sem necessariamente estarem vinculados ao tema definitivo selecionado para a tese de doutorado:

- a) (CESTARI et al., 2013);
- b) (VALLE; PORTELA, 2012);
- c) (VALLE; PORTELA, 2012a);
- d) (VALLE; PORTELA, 2012b);
- e) (VALLE, 2011).

7.2 TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão de potenciais trabalhos futuros, tem-se as seguintes opções:

- a) desenvolvimento de estudos para se flexibilizar o método SCAMPI atual visando permitir o julgamento do atendimento das práticas CMMI a partir de indicadores/critérios quantitativos, como por exemplo, Fitness;
- b) aprimoramento do método estendido visando orientar sobre a cobertura de práticas específicas e/ou áreas de processos dos modelos CMMI-SVC e CMMI-ACQ;

- c) evolução do enfoque atual do método estendido (i.e. conformidade) para um método que examine, adicionalmente, aspectos de performance e melhoria de processos;
- d) aplicação do método estendido em novos cenários de avaliações SCAMPI (ex: SCAMPI B e A), para corroborar as conclusões aqui apresentadas, permitir outras generalizações e quantitativamente medir benefícios;
- e) aplicação do método estendido em cenários similares, como por exemplo, auditorias internas e externas;
- f) automação de técnicas de mineração de processos nas avaliações SCAMPI, por meio de ferramentas de automação de *workflow* como RapidMiner, sendo que esta já possui uma extensão chamada RapidProm (ver MANS; VAN DER AALST; VERBEEK, 2014) que permite automatizar vários algoritmos de mineração de processos, incluindo-se alguns dos algoritmos propostos no método estendido;
- g) expansão da escopo do método estendido para outros métodos de avaliação, como por exemplo, os métodos baseados na ISO/IEC 15504 e os métodos associados aos modelos eSCM;
- h) desenvolvimento de métodos análogos para aplicação de técnicas de mineração de processos em métodos de melhoria de processos, como o Lean, Six Sigma e Lean Six Sigma.

7.3 CONCLUSÃO

A conclusão final será feita mediante o passo metodológico 9-Conclusão, a seguir.

Conforme estabelecido no delineamento da pesquisa, este passo metodológico visa explorar a relação “validação” ou seja, validar se o problema de pesquisa foi devidamente tratado pela condução da pesquisa. Sendo assim, resgata-se o seguinte problema de pesquisa: *“O método SCAMPI para avaliações de processos apresenta limitações, tais como dependência nas competências dos avaliadores; baixa relação custo-benefício; subjetividade para análise de dados e julgamento a respeito da implementação das práticas; e baixa confiança em relação à seleção da amostra e sua representatividade. A mineração de processos pode ser aplicada para auxiliar coletas e análise de dados nas avaliações SCAMPI. Entretanto*

há uma carência de um método que defina quais, quando, onde, como e porque aplicar técnicas de mineração de processos nas avaliações de processo de software visando reduzir as limitações do método SCAMPI atual”.

Conforme resultados apresentados, interpretados e discutidos ao longo desta tese, pode-se afirmar que o método “Process Mining Extension to SCAMPI” resolve o problema de pesquisa supra-citado, uma vez que se configura como um método que:

- a) define quais, quando, onde, como e porque aplicar técnicas de mineração de processos nas avaliações de processo de software;
- b) comprovadamente (via teste de hipótese) é viável, utilizável e útil;
- c) comprovadamente (via teste de hipótese) reduz as quatro principais limitações do método SCAMPI atual.

Em outras palavras, pode-se afirmar que a resposta é “sim” para a pergunta de pesquisa identificada: *“O desenvolvimento de um método viável, utilizável e útil, e que defina quais, quando, onde, como e porque aplicar técnicas de mineração de processos nas avaliações de processos de baseadas no SCAMPI, reduz suas limitações atuais?”*

REFERÊNCIAS

BOURQUE, P.; FAIRLEY, R. **Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK): Version 3.0**. IEEE Computer Society Press. 2014.

CESTARI, J. et al. **Achieving maturity (and measuring performance) through model-based process improvement**. **JISTEM – Journal of Information Systems and Technology Management**. Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação (Online), v. 10, p. 339-356. 2013.

CHEN, N.; HOI, S.; XIAO, X. **Software process evaluation: A machine learning approach**. In: Proceedings of the 2011 26th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering. IEEE Computer Society, p. 333-342. 2011.

CHRISSIS, M.; KONRAD, M.; SHRUM, S. **CMMI for Development: Guidelines for Process Integration and Product Improvement**. Addison-Wesley Professional. 2011.

CMMI INSTITUTE. **Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI), Version 1.3b: Method Definition Document for SCAMPI A, B, and C** Pittsburgh, PA: CMMI Institute. <http://cmmiinstitute.com/resources/standard-cmmi-appraisal-method-process-improvement-scampi-version-13b-method-definition>. 2014.

CMMI Product Team. **CMMI for Acquisition, Version 1.3 (Technical Report CMU/SEI-2010-TR-032)**. Pittsburgh: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. 2010. <http://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?AssetID=9657>

DE MEDEIROS, K. et al. **An outlook on semantic business process mining and monitoring**. On the Move to Meaningful Internet Systems 2007: OTM 2007 Workshops. Springer Berlin Heidelberg, 2007.

FORRESTER, E; BUTEAU, B; SHRUM, S. **CMMI for services: guidelines for superior service**. Pearson Education, 2011.

FORZA, C. **Survey research in operations management: a process-based perspective.** International journal of operations & production management 22, no. 2, 152-194. 2002.

FUGGETTA, A. **Software process: a roadmap.** In: Proceedings of the Conference on the Future of Software Engineering. ACM, p. 25-34. 2000.

GERKE, K; CARDOSO, J; CLAUS, A. **Measuring the compliance of processes with reference models.** In: On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2009. Springer Berlin Heidelberg, p. 76-93. 2009.

GLASS, R. **A structure-based critique of contemporary computing research.** Journal of Systems and Software 28, no. 1: 3-7.1995.

GOUVEA DA COSTA, S.; PINHEIRO DE LIMA, E.; **Capítulo 9 - Processos: uma abordagem da engenharia para a gestão de operações.** In: Metodologia De Pesquisa Em Engenharia De Produção (Segunda edição). Segunda edição.ed. [S.l.]: Elsevier Editora Ltda, p.199 – 216. 2012.

GREENFIELD, J; SHORT, K. **Software factories: assembling applications with patterns, models, frameworks and tools.** In: Companion of the 18th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming, systems, languages, and applications. ACM, p. 16-27. 2003.

HEFLEY, W.; LOESCHE, E. **The eSCM-CL v1. 1: Model Overview.** 2006.

HYDER, E., HESTON, K.; PAULK, M. **The eSourcing capability model for service providers (eSCM-SP) v2, Part 1: Model Overview.** Information Technology Services Qualification Center (ITSQC), Carnegie Mellon University, Technical Report No. CMU-ISRI-04-113. 2004.

IBRAHIM, R., HIRMANPOUR, I. **The Subject Matter of Process Improvement: A Topic and Reference Source for Software Engineering Educators and Trainers**

(No. **CMU/SEI-95-TR-003**). Carnegie-Mellon university Pittsburgh PA Software Engineering Inst. 1995.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9001, Quality Management Systems—Requirements**, http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=53896. 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION AND INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **ISO/IEC 15504 Information Technology—Process Assessment Part 1: Concepts and Vocabulary, Part 2: Performing an Assessment, Part 3: Guidance on Performing an Assessment, Part 5: An Exemplar Software life cycle Process Assessment Model**. http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=45086. 2003-2012.

IT GOVERNANCE INSTITUTE. **CobiT 4.0**. Rolling Meadows, IL: IT Governance Institute. http://www.isaca.org/Content/NavigationMenu/Members_and_Leaders/COBIT6/Obtain_COBIT/Obtain_COBIT.htm. 2005.

ITSQC. **Capability Determination Methods Team Member Guide version 2d (draft)**. IT Services Qualification Center. Carnegie Mellon University. Pittsburgh, PA. 2006.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering version 2.3**. Kelle University and University of Durham, Technical Report EBSE-2007-01. 2007.

KITSON, D.; HUMPHREY, W. **The Role of Assessment in Software Process Improvement (Technical Report CMU/SEI-89-TR-003)**. Pittsburgh: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. 1989. <http://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?AssetID=10865>.

LEE HO, L.; MIGUEL, P. **Capítulo 5 - Levantamento Tipo Survey**. In: Metodologia De Pesquisa Em Engenharia De Produção (Segunda edição). Segunda edição.ed. [S.I.]: Elsevier Editora Ltda., p.75 – 130, 2012.

LEMOS, A et al. **Conformance Checking of Software Development Processes Through Process Mining**. In SEKE, pp. 654-659. 2011.

MANS, R.; VAN DER AALST, W.; VERBEEK, H. **Supporting Process Mining Workflows with RapidProM**. 2014.

MARGARIDO, I. et al. **Challenges in Implementing CMMI® High Maturity: Lessons Learned and Recommendations**. Software Quality Professional 16.1. 2013.

MIGUEL, P. **An investigation of qualitative research in an industrial engineering post graduate program**. Anais do XI Simpósio de Engenharia de Produção,(CD_ROM), Nov 8, no. 10. 2010.

MIGUEL, P.; SOUSA, R. **Capítulo 6 - O Método do Estudo de Caso na Engenharia de Produção**. In: Metodologia De Pesquisa Em Engenharia De Produção (Segunda edição). Segunda edição.ed. [S.I.]: Elsevier Editora Ltda., p.131 – 148. 2012.

MUNOZ-GAMA, J., CARMONA, J., VAN DER AALST, W. **Hierarchical Conformance Checking of Process Models Based on event Logs**. In: Application and Theory of Petri Nets and Concurrency. Springer Berlin Heidelberg, p. 291-310. 2013.

OFFICE OF GOVERNMENT COMMERCE. **ITIL**. London, UK: Office of Government Commerce, 2007.

PMI. **Um guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®) – Quarta Edição**, PMI® – Project Management Institute, ISBN: 978-1-933890-70-8. 2008.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ. **Guia para normalização de trabalhos técnicos científicos**. Curitiba, 2013.

RAMEZANI, E. et al. **Separating compliance management and business process management**. In: Business Process Management Workshops. Springer Berlin Heidelberg, p. 459-464. 2012.

RAMEZANI, E.; FAHLAND, D.; VAN DER AALST, W. **Where did I misbehave? diagnostic information in compliance checking**. In: Business Process Management. Springer Berlin Heidelberg, p. 262-278. 2012.

RIERA CRUAÑAS, J. **Process Mining Opportunities for CMMI Assessments**. 2012.

RINDERLE-MA, S.; VAN DER AALST, W. **Life-Cycle Support for Staff Assignment Rules in Process-Aware Information Systems**. 2007.

ROZINAT, A.; VAN DER AALST, W. **Conformance checking of processes based on monitoring real behavior**. Information Systems, v. 33, n. 1, p. 64-95, 2008.

ROUT, T. **Studies on the assessment process: usage of objective evidence in assessing process capability**. Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice, v. 22, n. 4, p. 297-305, 2010.

ROUT, T. et al. **SPICE in retrospect: Developing a standard for process assessment**. Journal of Systems and Software, v. 80, n. 9, p. 1483-1493, 2007.

RUBIN, V et al. **Process mining framework for software processes**. In: Software Process Dynamics and Agility. Springer Berlin Heidelberg, p. 169-181. 2007

RUNESON, P; HÖST, M. **Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering**. Empirical software engineering, v. 14, n. 2, p. 131-164, 2009.

RUPARELIA, N. **Software development lifecycle models**. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes 35.3: 8-13. 2010.

SADIQ, S.; GOVERNATORI, G.; NAMIRI, K. **Modeling control objectives for business process compliance**. In: Business process management. Springer Berlin Heidelberg, p. 149-164. 2007.

SAFE, V.1.2. **A Safety extension to CMMI-DEV, v1.2**, defence materiel organisation, australian department of defence, Março 2007, software engineering institute, technical note cmu. [S.l.]: SEI-2007-TN-006 <http://www.sei.cmu.edu/pub/documents/07.reports/07tn006.pdf>.

SALVIANO, C.; FIGUEIREDO, A.; **Unified Basic Concepts for Process Capability Models**. In: SEKE, p. 173-178. 2008.

SAMALIKOVA, J. **Process mining application in software process assessment**. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven. ((Co-)promot.: prof.dr. R.J. Kusters, prof.dr.ir. P.W.P.J. Grefen & dr.ir. J.J.M. Trienekens). 2012.

SAMALIKOVA, J. et al. **Process mining support for Capability Maturity Model Integration-based software process assessment, in principle and in practice**. Journal of Software: Evolution and Process 26.7: 714-728. 2014.

SCAMPI Upgrade Team. **Appraisal Requirements for CMMI Version 1.3 (ARC, V1.3) (Technical Report CMU/SEI-2011-TR-006)**. Pittsburgh: Software Engineering Insitute, Carnegie Mellon University. <http://www.sei.cmu.edu/library/abstracts/reports/11tr006.cfm>. 2011.

SIEMENS AG CORPORATE TECHNOLOGY. **Security by Design with CMMI for Development, Version 1.3: an application guide for improving processes for**

secure products. <http://cmmiinstitute.com/resources/security-design-cmmi-development-version-13>. 2013.

VALLE, A. **Interpreting CMMI-SVC v1.3 practices for a really small non-IT consultancy services organization.** In: EuroSPI 2011 European Systems & Software Process Improvement, 2011, Roskilde. 18th EuroSPI Conference - Industrial Proceeding, v. 1. p. 49-55. Roskilde, Dinamarca. 2011.

VALLE, A.; PORTELA, E. **Benchmarking, diagnósticos empresariais e melhores práticas levam a um desempenho operacional superior?** XX SEMIC Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da PUCPR. Curitiba, Brasil. 2012.

VALLE, A.; PORTELA, E.. **Business appraisal, organizational diagnosis or best practice benchmarking.** In: International Conference of Production Research America's 2012, 2012, International Conference of Production Research America's 2012, Santiago, Chile. 2012.

VALLE, A.; PORTELA, E. **Business performance appraisals using best practice benchmarking.** Lima, Peru. 2012.

VALLE, A.; PORTELA, E. **Aplicação de Técnicas de Mineração de Processos em Métodos de Avaliação de Processos.** XXI SEMIC Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da PUCPR. Curitiba, Brasil. 2013.

VALLE, A.; PORTELA, E.; LOURES, E. **Verifying Process Conformance using Process Mining.** SEPG Europe 2013. Amsterdam, Holanda. 2013.

VALLE, A.; PORTELA, E.; LOURES, E. **Process Mining Extension to SCAMPI.** CEUR Workshop Proceedings, v. 1293, p. 179-184, 2014.

VALLE, A. et al. **A Framework for Applying Process Mining Techniques in Software Process Assessments.** In IIE Annual Conference. Proceedings (p. 1339). Institute of Industrial Engineers-Publisher. 2014.

VALLE NETO et al. **Structure and content of a framework to apply process mining techniques in SCAMPI assessments.** In: 2014 International Annual Conference of the American Society for Engineering Management, 2014, Virginia Beach, VA. Proceedings of the 2014 International Annual Conference of the American Society for Engineering Management, 2014.

VAN DER AALST, W. **Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes.** Springer-Verlag, Berlin. 2011.

VAN DER AALST, W. **Process mining: Overview and opportunities.** ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS) 3, no. 2: 7. 2012.

VAN DER AALST, W.; BEER, H.; DONGEN, B. **Process Mining and Verification of Properties: An Approach based on Temporal Logic.** (pp. 130-147). Springer Berlin Heidelberg. 2005.

VAN DER AALST, W.; DUSTDAR, S. **Process mining put into context.** Internet Computing, IEEE, 16(1), 82-86. 2012.

VAN DER AALST, W et al. **Configurable process models as a basis for reference modeling.** In: Business Process Management Workshops. Springer Berlin Heidelberg, p. 512-518. 2006.

VAN DER AALST, W et al. **Process mining manifesto.** In: Business process management workshops. Springer Berlin Heidelberg, p. 169-194. 2012.

VAN DER AALST, W. et al. **Conceptual model for online auditing.** Decision Support Systems, 50(3), 636-647, 2011.

VAN DER AALST, W. et al. **Auditing 2.0: Using Process Mining to Support Tomorrow's Auditor.** 2010.

VAN DER AALST, W.; VERBEEK, H. **Process Discovery and Conformance Checking Using Passages.** BPM Center Report BPM-12-21, BPMcenter.org, 2012.

VAN DER HEIJDEN, T. **Process mining project methodology: Developing a general approach to apply process mining in practice.** Technische Universiteit Eindhoven, alexandria.tue.nl/extra2/afstversl/tm/Van_der_Heijden_2012.pdf. 2012.

VAN DONGEN, B; VAN DER AALST, W. **A Meta Model for Process Mining Data.** EMOI-INTEROP, v. 160, p. 30, 2005.

VAN ECK, M. et al. **PM2: A Process Mining Project Methodology.** Advanced Information Systems Engineering. Springer International Publishing, 2015.

VON WANGENHEIM, C. et al. **Systematic literature review of software process capability/maturity models.** In: Proceedings of International Conference on Software Process Improvement and Capability dEtermination (SPICE), Pisa, Italy. 2010.

VOSS, C., ÅHLSTRÖM, P., BLACKMON, K. **Benchmarking and operational performance: some empirical results.** Benchmarking An International Journal 4 (4) p. 273-285. 1997.

WEBER, C.; CURTIS, B; CHRISSIS, M. **The capability maturity model: Guidelines for improving the software process.** Reading: Addison-wesley, 1995.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO: LIMITAÇÕES DO MÉTODO SCAMPI

Neste apêndice é apresentada a análise dos resultados do questionário referente às limitações do método SCAMPI, o qual era respondido usando-se uma escala contínua de 1 a 5.

O questionário foi respondido de forma completa por 25 pessoas. Seis respondentes responderam de forma incompleta, sendo assim, a taxa de completude foi de 80,6%, a qual pode ser considerada ótima. O alfa de Cronbach foi de 0,8534, o que representa uma boa consistência interna.

Q1 – *In your opinion, which are the strengths of SCAMPI (method)?*

Nesta pergunta aberta, pode-se notar que os respondentes contribuíram bastante para a identificação dos pontos fortes do método SCAMPI, visto que a maioria deles apontou dois ou mais pontos fortes. Em virtude da limitação de espaço, não serão apresentadas todas as respostas, entretanto o Quadro 29 resume os principais pontos fortes elencados pelos respondentes:

Quadro 29 – Resumo dos pontos fortes elencados

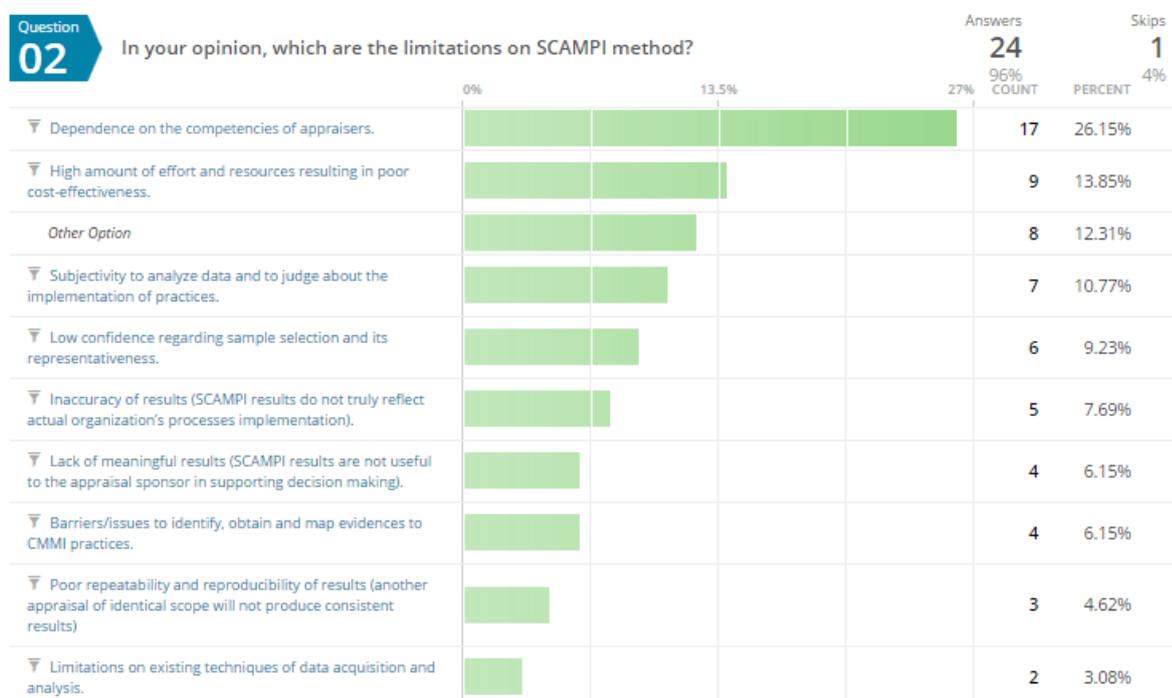
Categoria	Ponto forte
Estrutura e robustez do método	Método bem estruturado, organizado, rigoroso / robusto, detalhado, padronizado e que fornece resultados comparáveis.
Propósito e benefício do método	possibilidade de identificação dos pontos fortes e fracos da organização e a partir deles, guiar os passos em direção à melhoria contínua.
Características do método	método eficiente, consistente, repetível, independente/imparcial, público, flexível (em termos de sua aplicabilidade), fácil de entender e que permite uma avaliação detalhada das práticas implementadas.
Equipe de avaliação	composição e experiência de uma equipe mista (i.e. integrantes internos e externos à organização avaliada).
Amostragem	a identificação de fatores de amostragem (ex: localidade, cliente, tamanho, estrutura organizacional e tipo de trabalho) a partir de uma análise documentada da unidade organizacional.
Técnicas	Avaliações são baseadas em evidências, tanto revisão de artefatos como entrevistas.
Julgamento e classificação	Discussões e decisões por consenso; objetividade (i.e. não-subjetividade); e existência de regras e estrutura para o julgamento da adequação das práticas e classificação de metas e nível de maturidade

Q2 – *In your opinion, which are the limitations on SCAMPI (method)?*

É possível observar, na Figura 86, que 26,15% dos respondentes apontam que a dependência nas competências dos avaliadores é uma limitação do método SCAMPI. Na segunda posição, 13,85% dos respondentes mencionaram como uma limitação a alta quantidade de esforço e recursos demandada o que resulta em um

baixa relação custo-benefício. Na terceira posição está a opção "outros". Neste caso, o entrevistado teve a oportunidade de citar e de descrever. As respostas variam desde evidências não verdadeiras, inexistência do método SCAMPI em outros idiomas até a falta de avaliação dos resultados reais e do atingimento dos objetivos. A última opção com mais de 10% das respostas, a limitação "subjetividade para analisar os dados e julgar sobre a implementação de práticas" foi apontada por 10,77% dos entrevistados.

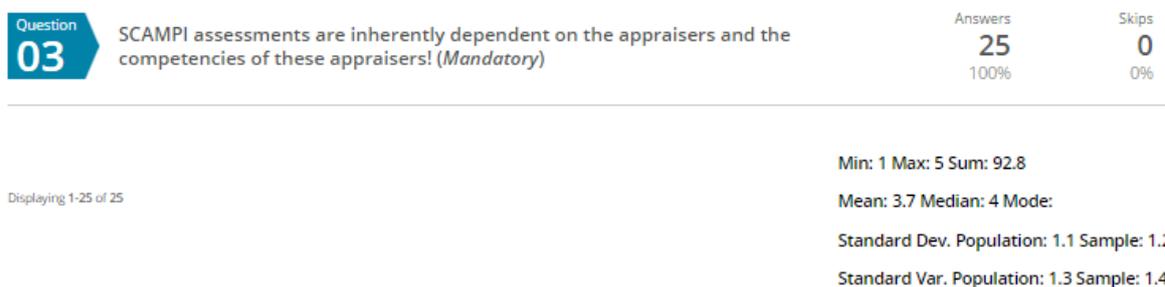
Figura 86 – Limitações do método SCAMPI



Q3 – SCAMPI assessments are inherently dependent on the appraisers and the competencies of the appraisers! (Mandatory)

É possível notar, na Figura 87, que tanto a média como a mediana são maiores do que 3 (que é o valor central da escala utilizada), representando um acordo majoritário dos respondentes em relação à dependência do avaliador e as suas competências. Além disso, nota-se que este aspecto recebeu a maior soma de notas do que qualquer outro aspecto (ou seja, questões Q4 até Q12).

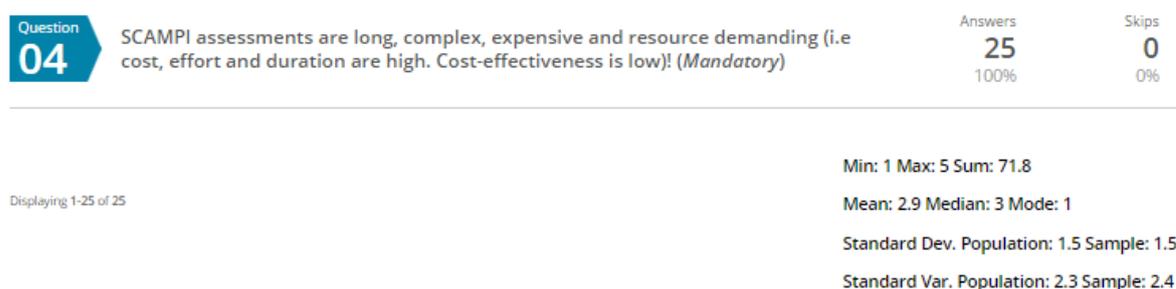
Figura 87 – Dependência dos avaliadores



Q4 – SCAMPI assessments are long, complex, expensive and resource demanding (i.e. cost, effort and duration are high. Cost-effectiveness is low)! (Mandatory)

É possível notar, na Figura 88, que tanto média e a mediana são por volta de 3 (que é o valor central da escala), o que representa que há uma neutralidade média em relação ao custo-benefício das avaliações SCAMPI.

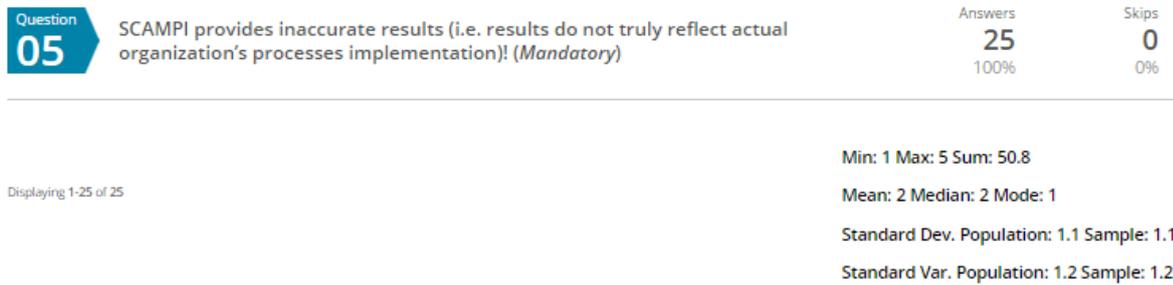
Figura 88 – Avaliações são longas, complexas e caras



Q5 – SCAMPI provides inaccurate results (i.e. results do not truly reflect actual organization's processes implementation)! (Mandatory)

É possível notar, na Figura 89, que a média e mediana são iguais a 2, ou seja, um valor inferior ao valor central da escala. Isto significa que existe uma discordância sobre as avaliações SCAMPI proporcionarem resultados imprecisos.

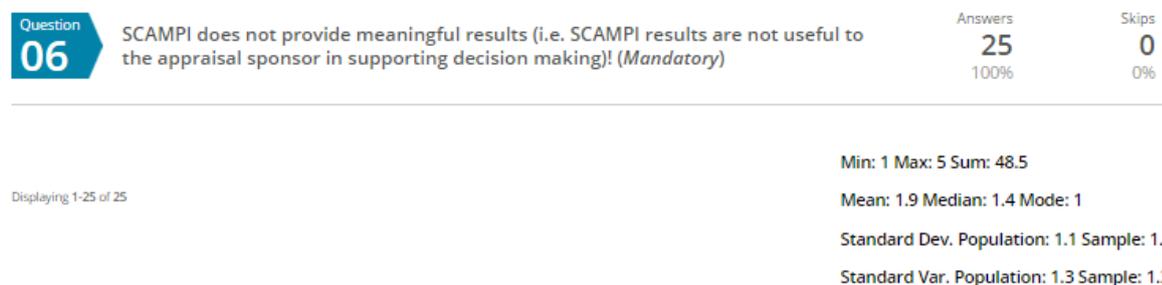
Figura 89 – Avaliações fornecem resultados não precisos



Q6 – SCAMPI does not provide meaningful results (i.e. SCAMPI results are not useful to the appraisal sponsor in supporting decision making)! (Mandatory)

É possível observar, na Figura 90, que a média e mediana são muito mais baixas que 3, que é o valor central da escala. Isso significa que há uma discordância geral em relação às avaliações SCAMPI não fornecerem resultados com algum significados. Em outras palavras, os respondem julgam que as avaliações SCAMPI fornecem resultados relevantes.

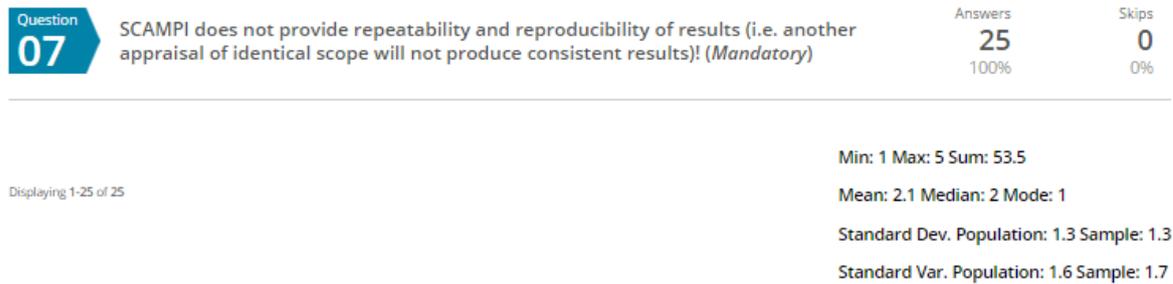
Figura 90 – Avaliações não fornecem significância de resultados



Q7 – SCAMPI does not provide repeatability and reproducibility of results (i.e. another appraisal of identical scope will not produce consistent results)! (Mandatory)

É possível observar, na Figura 91 que a média e mediana são valores por volta de 2, que é inferior ao valor central da escala. Isso significa que há uma discordância em relação às avaliações SCAMPI não fornecerem resultados repetíveis e reprodutíveis.

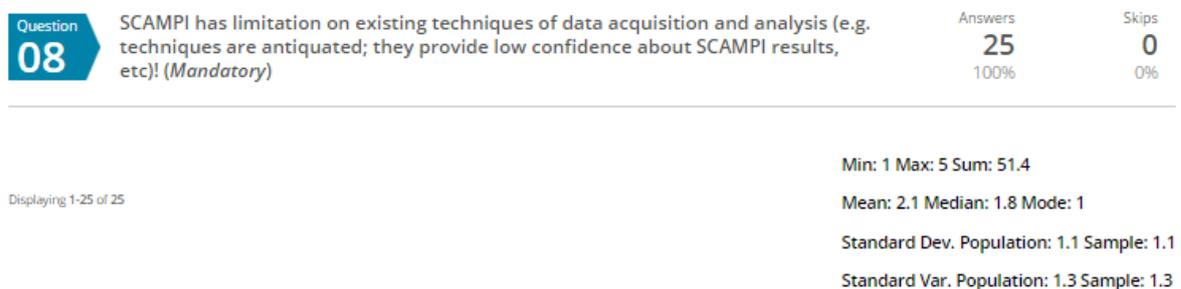
Figura 91 – repetibilidade e reprodutibilidade de resultados



Q8 – SCAMPI has limitation on existing techniques of data acquisition and analysis (e.g. techniques are antiquated; they provide low confidence about SCAMPI results, etc)! (Mandatory)

É possível observar, na Figura 92, que a média e mediana são valores próximos a 2, que é inferior ao valor central da escala. Isso significa que há uma discordância em relação à limitação das técnicas existentes de obtenção e análise de dados.

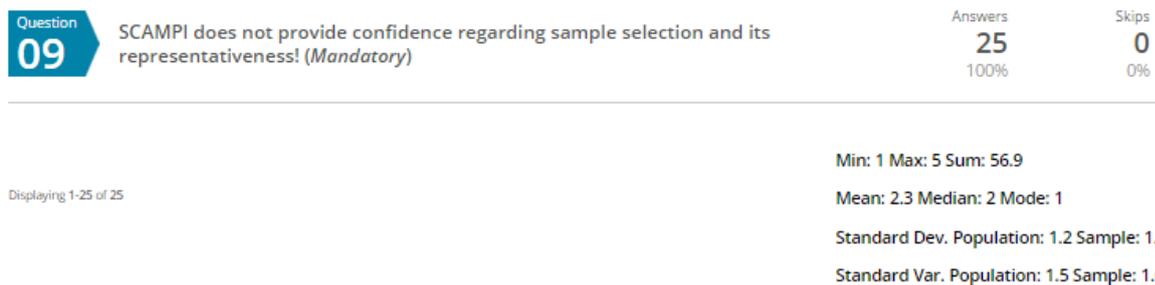
Figura 92 – Técnicas de coleta e análise de dados



Q9 – SCAMPI does not provide confidence regarding sample selection and its representativeness! (Mandatory)

É possível observar, na Figura 93, que a média e mediana são por volta de 2, que é inferior ao valor central da escala. Isto significa que existe uma divergência referente à confiança da amostra, sua seleção e representatividade.

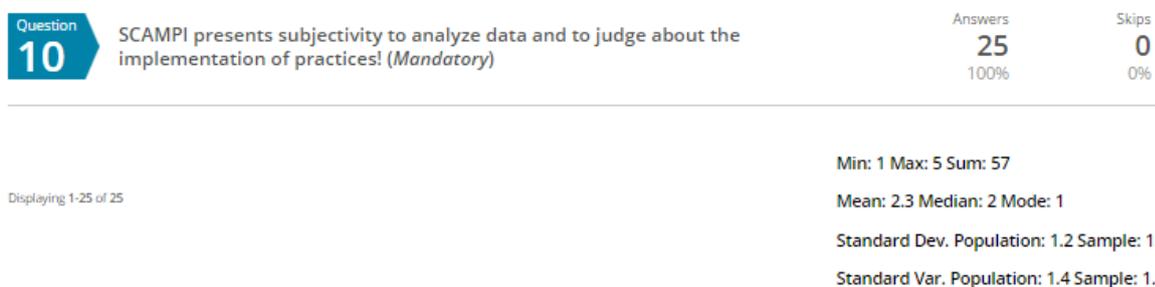
Figura 93 – Confiabilidade me relação a amostragem



Q10 – SCAMPI presents subjectivity to analyze data and to judge about the implementation of practices! (Mandatory)

É possível observar, na Figura 94, que a média e mediana são valores por volta de 2, que é inferior ao valor central da escala. Isso significa que há uma discordância em relação à subjetividade para analisar e julgar os dados relativos à execução das práticas.

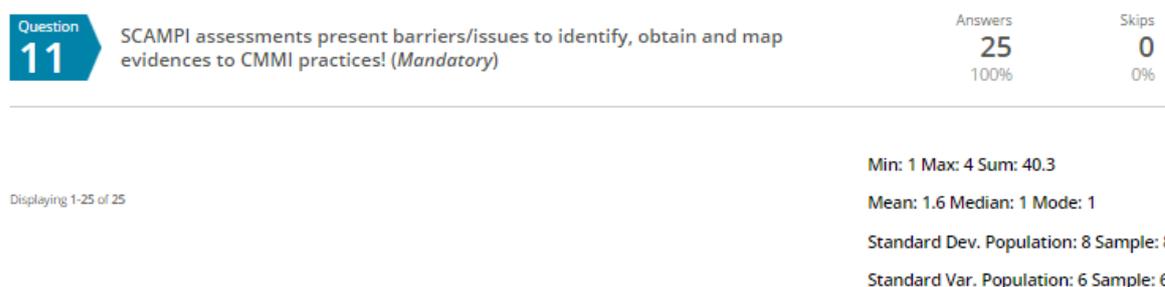
Figura 94 – subjetividade para a análise de dados



Q11 – SCAMPI assessments present barriers/issues to identify, obtain and map evidences to CMMi practices! (Mandatory)

É possível observar, na Figura 95, que a média e mediana são valores menores do que 2, que é inferior ao valor central da escala. Isso significa que há uma discordância sobre a existência de barreiras para identificar, mapear e obter evidências de práticas do CMMI.

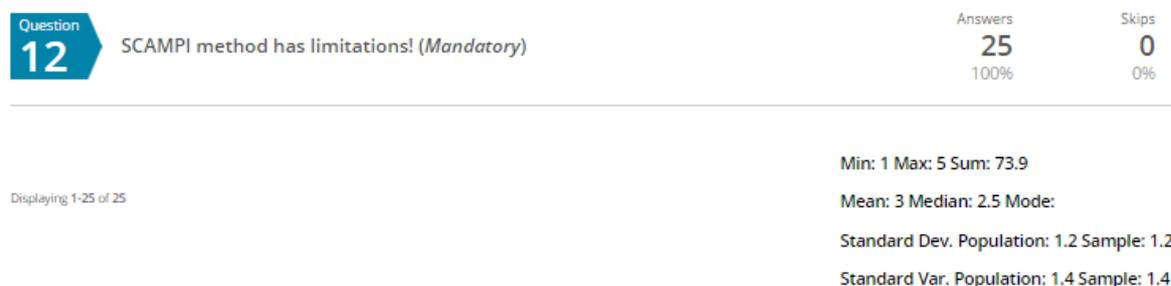
Figura 95 - barreiras para identificar, obter e mapear evidências



Q12 – SCAMPI method has limitations! (Mandatory)

É possível observar, na Figura 96, que a média e mediana é por volta de 3, que é o valor central da escala. Isto significa que existe uma neutralidade em relação à existência de limitações do método SCAMPI.

Figura 96 – O método SCAMPI tem limitações



Na Tabela 01 é possível visualizar estatísticas descritivas sobre as respostas obtidas. Os piores e melhores valores estão realçados.

Tabela 01 – Estatística descritiva

Estatística	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12
Valor Mínimo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Valor Máximo	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
Soma	92.8	71.8	50.8	48.5	53.5	51.4	56.9	57	40.3	73.9
Média	3.712	2.872	2.032	1.94	2.14	2.056	2.276	2.28	1.612	2.956
Mediana	4	3	2	1.8	2	2	2	2	1	2.5
Moda	4	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Desvio Padrão (Amostra)	1.17	1.544	1.098	1.147	1.296	1.142	1.249	1.228	0.799	1.187
Variância (Amostra)	1.368	2.385	1.206	1.317	1.679	1.305	1.559	1.508	0.638	1.409
Total de respostas	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Total de respondentes	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

O Quadro 30 ordena as limitações de acordo com suas notas médias:

Quadro 30 – Ranking de limitações

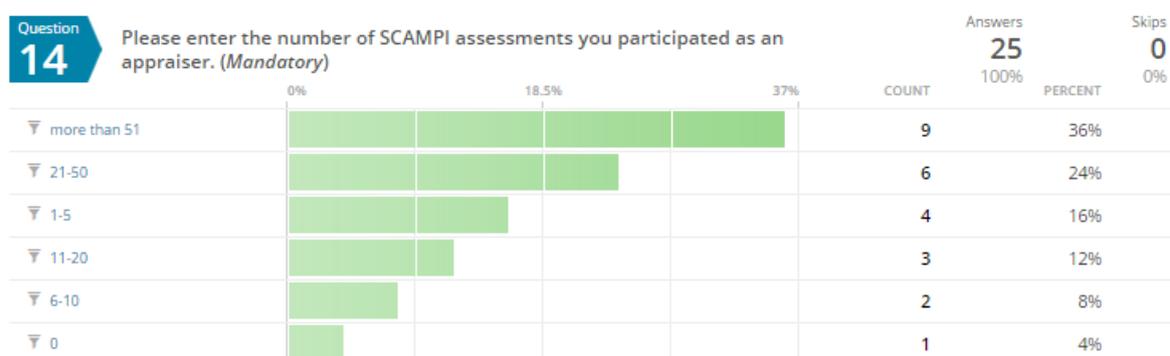
Posição	Número	Média	Descrição
1	Q3	3.712	Q3 – SCAMPI assessments are inherently dependent on the appraisers and the competencies of the appraisers!
2	Q4	2.872	Q4 – SCAMPI assessments are long, complex, expensive and resource demanding (i.e. cost, effort and duration are high. Cost-effectiveness is low)!
3	Q10	2.28	Q10 – SCAMPI presents subjectivity to analyze data and to judge about the implementation of practices!
4	Q9	2.276	Q9 – SCAMPI does not provide confidence regarding sample selection and its representativeness!
5	Q7	2.14	Q7 – SCAMPI does not provide repeatability and reproducibility of results (i.e. another appraisal of identical scope will not produce consistent results)!
6	Q8	2.056	Q8 – SCAMPI has limitation on existing techniques of data acquisition and analysis (e.g. techniques are antiquated; they provide low confidence about SCAMPI results, etc)!
7	Q5	2.032	Q5 – SCAMPI provides inaccurate results (i.e. results do not truly reflect actual organization's processes implementation)!
8	Q6	1.94	Q6 – SCAMPI does not provide meaningful results (i.e. SCAMPI results are not useful to the appraisal sponsor in supporting decision making)!
9	Q11	1.612	Q11 – SCAMPI assessments present barriers/issues to identify, obtain and map evidences to CMMi practices!

Pode-se notar também a consistência entre estes resultados detalhados (i.e. quando cada uma das limitações sugeridas é avaliada) com os resultados da questão Q02 na qual o respondente deveria indicar as limitações que ele julga existir.

Q14 – Please enter the number of SCAMPI assessments you participated as an appraiser. (Mandatory)

É possível notar, na Figura 97, que os respondentes são muito experientes em termos do número de avaliações SCAMPI que eles participaram. 36% das respondentes tem 51 avaliações ou mais. Se as duas categorias (21-50 e 51+) com os números mais elevados de avaliações forem considerados, este percentual vai à 60%.

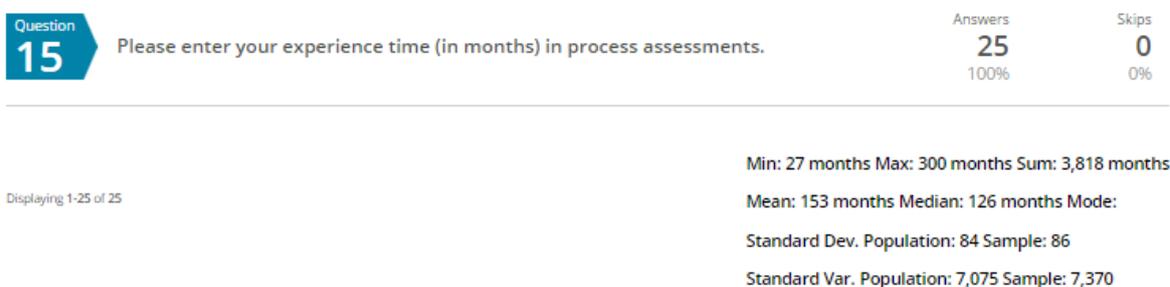
Figura 97 – número de participações e avaliações



Q15 – Please enter your experience time (in months) in process assessments.

É possível notar, na Figura 98, que os respondentes são muito experientes em termos de tempo de experiência com avaliações de processo. A pessoa menos experiente tem 27 meses de experiência. Mais do que um respondente tem 300 meses ou mais de experiência. A média é de cerca de 153 meses, ou seja, quase 13 anos.

Figura 98 – Tempo de experiência



APÊNDICE B – REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Lista completa dos trabalhos encontrados na revisão sistemática de literatura, por base. O símbolo [*] indica que o trabalho foi selecionado.

ACM Digital Library (dl.acm.org):

CHEN, N.; HOI, S.; XIAO, X. **Software process evaluation: A machine learning approach**. In: Proceedings of the 2011 26th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering. IEEE Computer Society, p. 333-342. 2011.

[*] HUO, M.; ZHANG, H.; JEFFERY, R.. **An exploratory study of process enactment as input to software process improvement**. In: Proceedings of the 2006 international workshop on Software quality. ACM, p. 39-44. 2006.

[*] PONCIN, W.; SEREBRENIK, A.; VAN DEN BRAND, M. **Mining student capstone projects with FRASR and ProM**. In: Proceedings of the ACM international conference companion on Object oriented programming systems languages and applications companion. ACM, p. 87-96. 2011.

Citeseer library (citeseer.ist.psu.edu):

[*] FERREIRA, D.; DA SILVA, M. **Using process mining for ITIL assessment: a case study with incident management**. In: Proceedings of the 13th Annual UKAIS Conference, Bournemouth University (April 2008). 2008.

GORDON, S.; KAWAMURA, K.; WILKES, D. **Neuromorphically inspired appraisal-based decision making in a cognitive robot**. Autonomous Mental Development, IEEE Transactions on, v. 2, n. 1, p. 17-39, 2010.

LATIMER IV, D. **Excavation in Space: A Survey of Automation Technologies**. 2001.

LI, Y.; ZHONG, N. **Mining ontology for automatically acquiring web user information needs.** Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on, v. 18, n. 4, p. 554-568, 2006.

IEEE Xplore (ieeexplore.ieee.org):

[*] AKMAN, B.; DEMIRORS, O. **Applicability of Process Discovery Algorithms for Software Organizations.** In: Software Engineering and Advanced Applications, 2009. SEAA'09. 35th Euromicro Conference on. IEEE, p. 195-202. 2009.

CHEN, N.; HOI, S.; XIAO, X. **Software process evaluation: A machine learning approach.** In: Proceedings of the 2011 26th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering. IEEE Computer Society, p. 333-342. 2011.

CURKO, K.; BACH, M.; RADONIC, G. **Business Intelligence and Business Process Management in Banking Operations.** In: Information Technology Interfaces, 2007. ITI 2007. 29th International Conference on. IEEE, p. 57-62. 2007.

[*] HUO, M.; ZHANG, H.; JEFFERY, R. **A systematic approach to process enactment analysis as input to software process improvement or tailoring.** In: Software Engineering Conference, 2006. APSEC 2006. 13th Asia Pacific. IEEE, p. 401-410. 2006.

JANKOVIC, M. **Semi-automatic improvement of software development methods: Doctoral consortium paper.** In: Research Challenges in Information Science (RCIS), 2013 IEEE Seventh International Conference on. IEEE, p. 1-6. 2013.

PIDUN, T.; BUDER, J.; FELDEN, C. **Optimizing process performance visibility through additional descriptive features in performance measurement.** In: Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops (EDOCW), 2011 15th IEEE International. IEEE, p. 204-212. 2011.

WANG, Z; YAO, Q; SUN, Y. **The Research of Process Mining Assessment used in Business Intelligence.** In: Computer and Information Science (ICIS), 2012 IEEE/ACIS 11th International Conference on. IEEE, p. 179-183. 2012.

ScienceDirect (sciencedirect.com):

MAIER, A.; ECKERT, C.; JOHN CLARKSON, P. **Identifying requirements for communication support: A maturity grid-inspired approach.** Expert Systems with Applications, v. 31, n. 4, p. 663-672, 2006.

SANTOS ROCHA, R.; FANTINATO, M. **The use of software product lines for business process management: A systematic literature review.** Information and Software Technology, 2013.

Scopus (scopus.com):

[*] AKMAN, B.; DEMIRORS, O. **Applicability of Process Discovery Algorithms for Software Organizations.** In: Software Engineering and Advanced Applications, 2009. SEAA'09. 35th Euromicro Conference on. IEEE, p. 195-202. 2009.

CURKO, K.; BACH, M.; RADONIC, G. **Business Intelligence and Business Process Management in Banking Operations.** In: Information Technology Interfaces, 2007. ITI 2007. 29th International Conference on. IEEE, p. 57-62. 2007.

GATTNAR, E.; EKINCI, O.; DETSCHEW, V. **A novel way of standardized and automatized retrieval of timing information along clinical pathways.** Studies in health technology and informatics, v. 169, p. 507, 2011.

GATTNAR, E.; EKINCI, O.; DETSCHEW, V. **Health Care Performance Monitoring Using an Inpatient Reference Process Model and Clinical KPIs.** In: Electronic Healthcare. Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 34-42.

[*] MANS, R. et al. **Process mining techniques: an application to stroke care.** Studies in health technology and informatics, v. 136, p. 573, 2008.

PHAM, C. et al. **Evaluating the effects of variation in clinical practice: a risk adjusted cost-effectiveness (RAC-E) analysis of acute stroke services.** BMC health services research, v. 12, n. 1, p. 266, 2012.

SHAN, S.; WANG, L.; LI, L. **Modeling of emergency response decision-making process using stochastic Petri net: an e-service perspective.** Information Technology and Management, v. 13, n. 4, p. 363-376, 2012.

XIA, H.; YAO, Q.; GAO, F. **Research and Design of Process Data Warehouse for Business Process Assessment.** In: Proceedings of 2013 Chinese Intelligent Automation Conference. Springer Berlin Heidelberg, p. 377-385. 2013.

Wiley Online Library (onlinelibrary.wiley.com):

RUIZ-RUBE, I. et al. **Uses and applications of Software & Systems Process Engineering Meta-Model process models.** A systematic mapping study. Journal of Software: Evolution and Process, 2013.

APÊNDICE C – MULTIPLE CASES STUDY REPORT

Executive summary

Cases study presented here is related to the conduction of two cases where SCAMPI C appraisals were conducted using the “Process Mining Extension to SCAMPI” (extended) method that aimed to be a method that minimizes limitations of current SCAMPI method. The cases referred to Software Maintenance operations in two different organizational units of the same information technology company. In Case A, the extended method was applied for the minimum recommended number of process instances as per SCAMPI sampling rule. Case B, all 1911 available process instances were considered. Cases study has tested and corroborated that the extended method is an usable, feasible and useful method; and is adherent to its requirements.

Contents

This report covers the following sessions: Introduction; Case study design; Results and Conclusion and future work.

Introduction

This report presents a multiple cases study comprising two cases that were conducted to test the “Process Mining Extension to SCAMPI” method in real SCAMPI C situations in order to check adherence with the method requirements as well as the fitness for use.

Case study design

The cases referred to two different organizational units of the same information technology company.

Both are related to software maintenance operations for a single client each.

Software Maintenance is carried out via service requests using a fairly lean lifecycle, consisting primarily of activities such as opening service request; accepting / queueing service request; in progress; pending; submit resolution and close service request. This life cycle is supported by software tools where events (such as activities names, executores and timestamps) are logged. Requests are registered, activities

are conducted and the status of each activity is promoted as such activities are being completed.

The first case, called Case A, used the minimum recommended number of process instances (10 instances) as per SCAMPI sampling rules.

The second case, called Case B, used the maximum number of instances of processes available, 1911, although the minimum number required by sampling rule was only 4 instances.

In both Class C the objective to be addressed by Process Mining was: Review conformance of current operations in relation to account's standard processes and CMMI practices. Organizational unit scope had approximately 30 persons in both organizational units. CMMI scope comprised the following CMMI-SVC practices: Service Delivery SD SP 3.1; SP 3.2; GP 2.1; GP 2.7 and GP 3.1. Appraisal team size was 1, since the appraisal leader alone have conducted the appraisal. Planned on-site duration was 2 days. Process Mining Tools used were WoPeD (for elaborating *de Jure* Model); ProM 5.2 (for application of algorithms) and Disco (for preparing and converting data). Artifacts provided by organizational unit: (raw) data and information regarding organizational policy and lifecycle of the standard process.

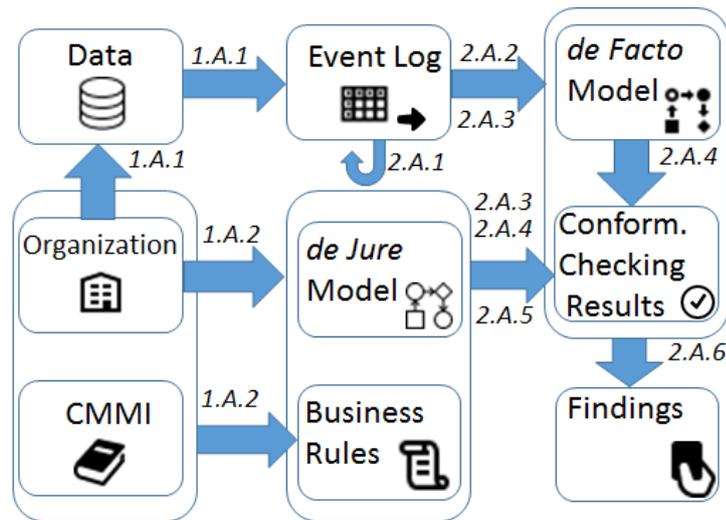
Data collection and analysis procedure were defined during case study planning.

Results

Data collection followed the defined protocol that comprises processes, activities and practices of the extended method. Only Process Mining techniques were applied to examine process related artifacts (i.e. event log, organizational standard process and (identified) business rules). There were no (traditional) document review or interviews. Plan and prepare phase was conducted considering Process Mining aspects, such as process mining related objectives and questions, identified process mining algorithms, tools and roles, which were incorporated in the Appraisal Plan. In this phase of both SCAMPI C appraisals, the following (already existing in SCAMPI method) activities were conducted: 1.1.1 Determine Appraisal Objectives; 1.1.2 Determine Data Collection Strategy; 1.1.4 Determine Appraisal Scope; 1.2.1 Tailor Method; 1.2.2 Identify Needed Resources; 1.2.3 Develop Data Collection Plan; 1.3.1 Identify Appraisal Team Leader; 1.3.2 Select Team Members; 1.3.4 Prepare Team.

New activities proposed in the extended method were also conducted, as per Figure 99.

Figure 99 - Application of the extended method



In activity 1.A.1 Obtain Process Mining Artifacts, organization unit provided data and event log was created. In activity 1.A.2 Obtain Process Mining Elements, from information provided by organization unit, *de Jure* model was created, and from information provided by organization unit and CMMI model, business rules were identified. In activity 2.A.1 Familiarize and Filter Event log, there were a familiarization with event log, in ProM tool. When needed, filtering was also done. In activity 2.A.2 Discover Actual Process from Event Log, *de Facto* models as well as organizational models were discovered using discovery algorithms, such as Alpha, HeuristicsMiner, FuzzyMiner and Role Hierarchy Model Miner. In activity 2.A.3 Check Conformance of Event Log with *de Jure* Model, deviations were found using Conformance Checker algorithms. In activity 2.A.4 Compare Conformance between *de Facto* model and *de Jure* Model, such models were qualitative, quantitative, visual and manually compared using algorithms such as Graph Matching Analysis, Differences Analysis and Footprint Similarity. In activity 2.A.5 Check Conformance to Business Rules, business rules violation report was generated from results obtained using LTL Checker and SCIFF checker algorithms. In 2.A.6 Examine Process Mining Results, findings were written from obtained process mining results. Remaining activities were conducted as per original SCAMPI method.

Extracts of process mining artifacts, elements and results described above for Case A and B are presented in Figure 100 and Figure 101, respectively.

- The extended method should reduce the subjectivity of data analysis and judgment on the implementation of practices.
- The extended method should increase the reliability regarding the selection of the sample, its size and representativeness.
- The extended method should reduce the amount of time and team effort (especially in data collection and analysis activities).
- The extended method should reduce the dependency on skills, abilities and experience of the appraisers.

As an example of this achievement, a SCAMPI C was conducted using many more process instances than the minimum recommended sample size.

Also, fitness for use was evaluated through cases conduction:

- Extended method can be considered feasible, since it could be fully followed in the cases conducted.
- Extended method can be considered usable, since the provided procedures, tools and techniques were easy to use in both cases, especially aided by “Process Mining Extension to SCAMPI” method documentation which describes in detail processes, activities, practices and other aspects to be followed.
- Extended method can be considered useful because its application in multiple cases resulted in reduction of the limitations of traditional SCAMPI method.

Finally, validity and reliability were also evaluated:

- Case study is reliable, because the tasks planned for the case study, as well as activities for the implementation of the extended method, is repeatable and present similar results if replicated with similar scenario, context, inputs and data.
- The case study is valid, internally, because the conclusions are based on objective evidence (i.e. facts and artifacts) which have been transformed into findings using the defined protocol.
- The case study is valid, externally, due to the the following:
 - a) The proposed method was developed based on certain assumptions and design principles that aim to make it, as well as the SCAMPI method:
 - accurate, in the sense that the results actually achieved reflect the organizational processes running;
 - repeatable, since there is consistency with other evaluations conducted under similar conditions;
 - independent of appraiser experience and competencies.

b) The application of the extended method, in multiple cases, followed the procedure laid down in the method itself. Moreover, the Process Mining techniques applied (ie algorithms and results) are deterministic, i.e., present the same results when repeated with the same parameters and input data.

Conclusion and future work

Despite of some limitations, such as the low number and similiarity of cases, as a final conclusion regarding the cases study, it can be stated that in addition to testing the extended method though cases, it was possible to corroborate that the extended method is feasible, usable and useful and that Process Mining techniques can be benefically applied in SCAMPI appraisals, reducing limitations as time and effort for data collection and analysis; dependency on experience and competence of appraiser; unreliable sampling and subjectivity in judgment on the implementation of CMMI practices.

As future work, more cases could be conducted in order to have more confidence when making generalizations as well as to test the extended method under other real conditions, such as SCAMPI B and A.

APÊNDICE D – SURVEY DESIGN

Neste apêndice são apresentadas as perguntas do questionário referente à revisão do especialistas quanto ao “Process Mining Extension to SCAMPI”.

Q1-Please enter your name (optional)

Q2-Have you ever heard about Process Mining (techniques)? *

1-No

2-Yes, but I have only heard about it

3-Yes, but not applied in SCAMPI appraisals

4-Yes, including the application of them in SCAMPI appraisals

5-Yes, and I'm using it in the appraisals that I conduct

Q3-Please enter the number of SCAMPI appraisals you have participated as an appraiser. *

0

1-9

10-29

30-49

50-99

more than 100

Q4-Please enter your experience time (in years) in process improvement *

Before starting, some definitions regarding Process Mining:

Process Mining (www.processmining.org)

The idea of Process Mining is to discover, monitor and improve real processes (i.e., not assumed processes) by extracting knowledge from event logs readily available in today's information systems.

Process Discovery

is a process mining technique that allows the derivation of the actual process model from a particular event log. The result is the "*de Facto*" process model, which reflects the actual process being executed. This technique contributes on SCAMPI appraisals since we can discover the actual process being performed in seconds, instead of spending hours reviewing artifacts or interviewing people. Examples of some Process Discovery algorithms: Alpha Miner, Fuzzy Miner, Heuristic Miner, Organizational Miner

Conformance Checking

is a process mining technique that examines the degree to which the implementation of a process corresponds to a given (normative) process model, called *de Jure* model, which reflects the expected behavior for a process. This technique contributes on SCAMPI appraisals since we can check if process instances followed the standard (or defined) process in seconds, instead of spending hours reviewing artifacts or interviewing people. Also, process instances that violate business rules, such as "programmer should not perform testing", could also be checked in seconds. Examples of Conformance Checking algorithms: Conformance Checking, LTL Checker, SCIFF Checker, etc

Enhancement

is a process mining technique for improving processes using information extracted from some log. For example, bottlenecks can be identified by replaying an event log on a process model while examining the timestamps.

Some definitions regarding the extended method...

“Process Mining Extension to SCAMPI” is an extended method that adds Process Mining techniques, such as process discovery and conformance checking, into SCAMPI (method) to provide an explicit and focused basis for appraising an organization using such techniques aiming to lead to more reliable and efficient appraisals as well as to reduce some of the current SCAMPI limitations.

Extension

is a element in the extended method, clearly identified as text box in grey color, that describes considerations regarding Process Mining, as a new element or elaborating an existing element of original SCAMPI method.

Examples (the idea is not to read it but only to understand the concept):

1.1 Plan and Prepare for Appraisal

1.1 Analyze Requirements

1.1.1 Determine Appraisal Objectives

Process Mining extension:

After defining appraisal objectives, evaluate which appraisal objectives could be met by applying Process Mining techniques. Later on, such identified objectives will also be used to derive relevant questions that will drive the application of Process Mining techniques in the appraisal. Also, obtained Process Mining results will be later evaluated to check if they meet the objectives defined in this activity.

1.1.2 Determine Data Collection Strategy

Process Mining extension:

Note that due to data-dependency nature of Process Mining, it is only applicable when selected data collection approach is Discovery.

Data Collection Strategy for an appraisal aided by Process Mining should address the determination of Process Mining specific aspects, such as:

- Descriptions of Process-Aware Information Systems (PAIS) available in the organization unit.
- Derived from the appraisal objectives that can be addressed by Process Mining, the questions that could be answered using Process Mining techniques. See appendix D for examples of questions. Note that Process Mining activities need to be driven by questions. Without concrete questions it will be very difficult to locate, select and extract meaningful event data.
- From identified questions, which Process Mining techniques could be used for collecting and examining Process Mining related artifacts. See appendix D for a list of Process Mining techniques for typical questions.

and:

<p>1.A.1 Obtain Process Mining Artifacts</p> <p>Activity Description</p> <p>Required Practices</p> <p>Parameters and Limits</p>	<p>The appraisal team leader will request for the organization to provide detailed data on the implementation of practices or model components in the organization which were selected to be examined by Process Mining. It should reflect implementation of such practices or model components regarding the selected scope of sampled basic units and support functions to be examined by Process Mining. It should also contain data regarding process instances, their activities, timestamps and executors. Attribute data is optional.</p> <p>The appraisal team leader or designee shall</p> <ul style="list-style-type: none"> • (ABC) In the identified PAIS, locate data reflecting the implementation of model practices or model components among selected basic units and support functions in accordance with the reference model and organizational scope to be examined by Process Mining. • (ABC) In the identified PAIS, explore located data in order to develop an understanding about the data to uncover its meaning and to discover the approach the data is organized. • (ABC) After locating and exploring the data, evaluate the quality of the event data. Note that the quality should be as high as possible. • (ABC) If data quality is high, select data to be extracted. The selection must be done in accordance with the reference model and organizational scope to be examined by Process Mining. • (ABC) After selecting, extract data to create event log(s). If extracted dataset is not directly appropriate as input for Process Mining techniques, prepare extracted data. <p>(ABC) This activity does not replace the activity 1.4.1 Obtain Initial Objective Evidence. In fact, this activity deals with obtaining special type of artifacts that are the Process Mining related artifacts. Also, documentation of such Process Mining related artifacts should be done as per activity 1.4.2 Inventory Objective Evidence.</p> <p>(ABC) At a minimum, event log data should have the following characteristics:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Each entry in an event log should be an event that happened at a certain point in time. These points in time are timestamps and are written to reflect the beginning and end of each activity. - Each entry in the event log must refer to only one activity, and each activity is uniquely identified. - An activity is performed by a single person or system, called executor, which should also be identified and recorded. Additional information, called attributes can also be recorded.
---	---

“Process Mining Extension to SCAMPI” adds "extensions" to the following already existing activities in SCAMPI:

- 1.1.1 Determine Appraisal Objectives
- 1.1.2 Determine Data Collection Strategy
- 1.1.4 Determine Appraisal Scope
- 1.2.1 Tailor Method
- 1.2.2 Identify Needed Resources
- 1.2.3 Develop Data Collection Plan
- 1.3.1 Identify Appraisal Team Leader
- 1.3.2 Select Team Members
- 1.3.4 Prepare Team

“Process Mining Extension to SCAMPI” adds new (processes and) activities into SCAMPI:

(1.A Obtain Process Mining Artifacts and Elements)

- 1.A.1 Obtain Process Mining Artifacts

1.A.2 Obtain Process Mining Elements

(2.A Apply Process Mining Techniques on Objective Evidence)

- 2.A.1 Familiarize and Filter Event log
- 2.A.2 Discover Actual Process from Event Log
- 2.A.3 Check Conformance of Event Log with *de Jure* Model
- 2.A.4 Compare Conformance between *de Facto* model and *de Jure* Model
- 2.A.5 Check Conformance to Business Rules
- 2.A.6 Examine Process Mining Results

Some context about the cases...

Objective

Two cases were conducted to test the "Process Mining Extension to SCAMPI" method in real situations (i.e. SCAMPI C) in order to check adherence with the method requirements as well as the fitness for use.

Scenario

The cases referred to two different organizational units of the same information technology multinational. Both are related to software maintenance operations for a single client each. Software Maintenance is carried out via service requests using a fairly lean lifecycle, consisting primarily of activities such as opening service request; accepting / queueing service request; in progress; pending; submit resolution and close service request. This life cycle is supported by software tools where events (such as names and timestamps) are logged. Requests are registered, activities are conducted and the status of each activity is promoted as such activities are being completed.

The first case, called Case A, used the minimum recommended number of process instances (10 instances) as per SCAMPI sampling rules.

The second case, called Case B, used the maximum number of instances of processes available, 1911, although the minimum number required by sampling rule was only 4 instances.

Application of "Process Mining Extension to SCAMPI" in the two SCAMPI C:

- Class C objective to be addressed by Process Mining: Review conformance of current operations in relation to account's standard processes and CMMI practices.
- Only Process Mining techniques were applied to examine process related artifacts (i.e. event log, organizational standard process and (identified) business rules). There were no (traditional) document review or interviews.
- Organizational unit scope: approx. 30 persons (in both organizational unit)
- CMMI scope: Service Delivery SD SP 3.1; SP 3.2; GP 2.1; GP 2.7 and GP 3.1
- Appraisal team size: 1 (leader)
- on-site duration: 2 days
- Process Mining Tools: WoPeD (*de Jure* Model); ProM 5.2 (for algorithms) and Disco (prepare and convert data)
- Artifacts provided by organizational unit: Data, items in Organizational Policy, lifecycle of standard process.
- Process Mining aspects were incorporated in Appraisal Plan (e.g. process mining related objectives and questions, identified process mining algorithms, tools and roles)

How Process Mining related activities were conducted...

Plan and prepare phase was conducted also considering Process Mining.

- 1.A.1 Obtain Process Mining Artifacts (from organizational data, event log was created)
- 1.A.2 Obtain Process Mining Elements (from organization, *de Jure* model and business rules were generated)
- 2.A.1 Familiarize and Filter Event log (in ProM)
- 2.A.2 Discover Actual Process from Event Log (using discovery algorithms, e.g FuzzyMiner. In addition, organizational models were also captured)
- 2.A.3 Check Conformance of Event Log with *de Jure* Model (using Conformance Checker, deviations were found)

2.A.4 Compare Conformance between *de Facto* model and *de Jure* Model (using model comparison algorithms: qualitative, quantitative, visual and manually)

2.A.5 Check Conformance to Business Rules (using LTL or SCIFF checker algorithms, violation report was generated)

2.A.6 Examine Process Mining Results (from process mining results, findings were written). Remaining activities were conducted as per original SCAMPI method.

Case A - 10 instances (minimum recommended number as per sampling rules)

Ticket #	Ticket_num	Original Process	Op	Classification	CreatedBy	Creation Date	Status	History
1	Taref0001	OS0001	5	Classificacao0001	Pessoa0001	Apr 15, 2015 7:01 AM	ACKNOWLEDGE	
2	Taref0002	Taref0002	OS0001	Classificacao0001	Pessoa0001	Apr 20, 2015 4:44 AM	ACKNOWLEDGE	
3	Taref0003	OS0001	5	Classificacao0001	Pessoa0001	Apr 8, 2015 4:57 AM	ACKNOWLEDGE	
4	Taref0004	Taref0004	OS0001	Classificacao0001	Pessoa0001	Apr 21, 2015 8:08 AM	ACKNOWLEDGE	
5	Taref0005	Taref0005	OS0002	Classificacao0002	Pessoa0002	Apr 24, 2015 8:54 AM	ACKNOWLEDGE	
6	Taref0006	Taref0006	OS0003	Classificacao0003	Pessoa0003	Apr 2, 2015 9:04 AM	ACKNOWLEDGE	
7	Taref0007	Taref0007	OS0004	Classificacao0004	Pessoa0004	Apr 8, 2015 10:43 PM	ACKNOWLEDGE	

Case A

a) A single analyst can not perform activities "submit" and "acknowledge".
 b) In a particular process instance, at least the WAPPR, QUEUED, INPRG, SUBMITTED, ACKNOWLEDGE and COMPLETE activities must be performed, in this order.
 c) If there is any rework activity, a new "submit" activity should be done.
 d) Service orders should follow allowed variations of the organizational standard process.
 e) Every service order must be queued.
 f) All service orders must be submitted, acknowledged and completed.

Process Mining related activities:
 1.A.1 Obtain Process Mining Artifacts
 1.A.2 Obtain Process Mining Elements
 2.A.1 Familiarize and Filter Event log
 2.A.2 Discover Actual Process from Event Log
 2.A.3 Check Conformance of Event Log with de Jure Model
 2.A.4 Compare Conformance between de Facto model and de Jure Model
 2.A.5 Check Conformance to Business Rules
 2.A.6 Examine Process Mining Results

GP 2.1: "The organizational policy item regarding minimum conduction of certain ordered activities in each service order was not followed in some of the selected service orders".
SD SP 3.1: "One selected service order has not queued the service request ticket".
SD SP 3.2: "Half of the selected service orders have not conducted submit, acknowledge and complete activities in the required order".
GP 3.1: "Some selected service orders have not completely followed the defined process".
GP 2.7: <none>

if you want to zoom in...

Case A Comparison between De Jure and De Facto Models

Conformance checking between event log and De Jure Model

Business Rules Conformance Checking

Case B - 1911 instances (all available instances - minimum recommended number was 4)

Number	Number	Opened	Closed	Priority	Value	Start
1	INC0579677	2015/02/20 10:43:29	2015/02/25 20:00:03	Moderate	Accepted	2015/02/20 10:43:29
2	INC0579677	2015/02/20 10:43:29	2015/02/25 20:00:04	Moderate	Work in	2015/02/20 11:39:40
3	INC0579677	2015/02/20 10:43:29	2015/02/25 20:00:04	Moderate	Open	2015/02/20 10:44:19
4	INC0579677	2015/02/20 10:43:29	2015/02/25 20:00:04	Moderate	Open	2015/02/20 11:12:16
5	INC0579677	2015/02/20 10:43:29	2015/02/25 20:00:04	Moderate	Accepted	2015/02/20 11:26:06
6	INC0579677	2015/02/20 10:43:29	2015/02/25 20:00:04	Moderate	Resolved	2015/02/20 17:19:59
7	INC0579677	2015/02/20 10:43:29	2015/02/25 20:00:03	Moderate	Open	2015/02/20 20:00:04
8	INC0596038	2015/02/28 14:21:36	2015/03/05 20:00:02	Moderate	Open	2015/03/05 20:00:02
9	INC0596038	2015/02/28 14:21:36	2015/03/05 20:00:02	Moderate	Resolved	2015/02/28 19:52:50
10	INC0596038	2015/02/28 14:21:36	2015/03/05 20:00:03	Moderate	Accepted	2015/02/28 19:47:50
11	INC0596038	2015/02/28 14:21:36	2015/03/15 20:00:03	Moderate	Pending	2015/02/28 15:23:25
12	INC0596038	2015/02/28 14:21:36	2015/03/15 20:00:03	Moderate	Open	2015/02/28 15:45:51
13	INC0596038	2015/02/28 14:21:36	2015/03/15 20:00:03	Moderate	Accepted	2015/02/28 15:53:27
14	INC0596038	2015/02/28 14:21:36	2015/03/15 20:00:03	Moderate	Resolved	2015/03/15 17:43:36
15	INC0596038	2015/02/28 14:21:36	2015/03/15 20:00:03	Moderate	Open	2015/03/15 20:00:03
16	INC0596038	2015/02/28 14:21:36	2015/03/15 20:00:03	Moderate	Work in	2015/02/28 15:55:09

Case B

a) In a given process instance, all activities should be performed, except Pending and Pending/Optional activities which are optional.
 b) A single analyst can perform all activities to address the incident, expect "open" activity that should be made by service desk.
 c) Process instances should follow allowed variations from the organizational standard process.
 d) Each incident should be opened and (then) accepted.
 e) Every incident must be resolved and (then) closed.

Process Mining related activities:
 1.A.1 Obtain Process Mining Artifacts
 1.A.2 Obtain Process Mining Elements
 2.A.1 Familiarize and Filter Event Log
 2.A.2 Discover Actual Process from Event Log
 2.A.3 Check Conformance of Event Log with de Jure Model
 2.A.4 Compare Conformance between de Facto model and de Jure Model
 2.A.5 Check Conformance to Business Rules
 2.A.6 Examine Process Mining Results

Data → 1.A.1 → **Event Log** → 2.A.2 → **de Facto Model**
Organization → 1.A.2 → **de Jure Model** → 2.A.3 → **de Facto Model**
CMMI → 1.A.2 → **Business Rules** → 2.A.5 → **Findings**
de Facto Model → 2.A.4 → **Conform. Checking Results** → 2.A.6 → **Findings**
de Jure Model → 2.A.3 → **Conform. Checking Results**
Business Rules → 2.A.5 → **Conform. Checking Results**

GP 2.1: "the organizational policy item regarding conduction of mandatory activities for each incident was not followed in almost 25% of the tickets"
SD SP 3.1: "2 out of 1911 tickets have not accepted the incident after opening the incident".
SD SP 3.2: <none>.
GP 3.1: "Most of all selected tickets have not completely followed the defined process".
GP 2.7: "In all tickets, who opens the ticket also conduct other activities in the incident management lifecycle, which is not allowed".

if you want to zoom in...

Case B Comparison between De Jure and De Facto Models

Conformance checking between event log and De Jure Model

Business Rules Conformance Checking

The screenshots show the ProM (Process Mining) interface. The top window displays a process flow diagram with various activities and transitions. The bottom window shows the 'LTL Checker' results, listing checked formulas and parameters (A = Open, B = Accepted). It also displays a list of correct and incorrect process instances, with a detailed view of an incorrect instance showing a deviation from the expected process flow.

I know that I have presented only a overview regarding the extended method and associate cases study... However, in the next page, I'd like to you to rank any value from 1-Strongly disagree to 5- Strongly agree regarding your opinion about the statements.

Q5-Compared with SCAMPI, the extended method seems to be more objective to analyze data and to judge about the implementation of practices! *

(Inform any value from 1-Strongly disagree to 5-Strongly agree)

Q6-Compared with SCAMPI, the extended method seems to provide more confidence regarding sample selection and its representativeness! *

(Inform any value from 1-Strongly disagree to 5-Strongly agree)

Q7-Compared with SCAMPI, the extended method seems to be less dependent on the appraisers and the competencies of these appraisers! *

(Inform any value from 1-Strongly disagree to 5-Strongly agree)

Q8-Compared with SCAMPI, the extended method seems to request less time and effort from appraisal team *

(Inform any value from 1-Strongly disagree to 5-Strongly agree)

Q9-The extended method seems to be useful (i.e. tends to reduce some SCAMPI limitations)! *

(Inform any value from 1-Strongly disagree to 5-Strongly agree)

Q10-The extended method seems to be feasible (i.e. activities, tools and techniques tend to be easy to use)! *

(Inform any value from 1-Strongly disagree to 5-Strongly agree)

Q11-The extended method seems to be usable (i.e. it could be followed)! * (Inform any value from 1-Strongly disagree to 5-Strongly agree)

Q12-In general, the extended method seems to be viable, usable and useful and seems to define which, when, where, how and why to apply process mining techniques in SCAMPI appraisals? *

(Inform any value from 1-Strongly disagree to 5-Strongly agree)

Q13-Please let me know if you have any feedback (including weaknesses, strengths and improvement opportunities) about the "Process Mining Extension to SCAMPI"

Q14-Let me know if you have participated on a guided interview with me before taking this survey *

No

Yes

Q15-Would you like to try to apply Process Mining techniques in your next appraisal(s), if you have opportunity? *

No, thanks

Maybe. Let me think a little bit more

Yes, sure

APÊNDICE E – SURVEY RESULTS REPORT

Executive summary

Survey results report presented here is related to a survey aimed to capture feedback from process appraisals experts regarding the extended method, its application and also regarding the achievement of method objectives. The questionnaire of the survey was designed considering, as constructs, the objectives for the method and the main limitations of current SCAMPI method. Data collection and analysis were conducted and results demonstrated, as per hypothesis tests, that main current SCAMPI limitations were reduced and extended method has achieved its objectives, which were: to be a feasible, useful and usable method which describe which, how, where, when, and why apply process mining techniques in SCAMPI appraisals.

Contents

This report covers the following sessions: Background; Survey Planning; Survey Preparation; Pilot; Data collection and analysis; Results and Conclusion.

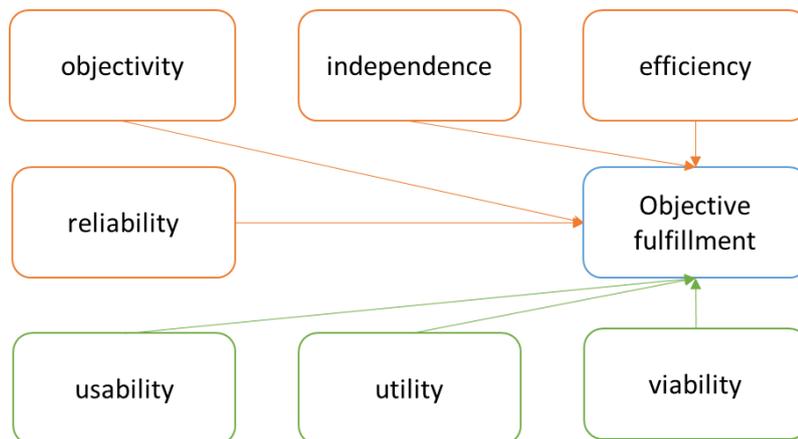
Background

This report presents a survey aimed to capture feedback from process appraisals experts regarding the extended method, its application and also regarding the achievement of method objectives.

Survey Planning

Survey planning involved definition of the constructs to be tested, which were based on the main limitations of current SCAMPI methods, which are: objectivity; independence; reliability; efficiency as well as aspect concerning to method objectives: utility; viability; usability as presented in Figure 102. In addition to this, planning also involved how and where the survey would be published and promoted. The idea was not to identify a few experts and sent it to them. By the opposite, inspired by Delphi technique, to reach as many experts as possible, for instance, leaving the survey opened to be taken by the CMMI related community at selected LinkedIn social network forums.

Figure 102 - Constructs



Survey Preparation

The online questionnaire, including its objective, the initial call and aspect regarding confidentiality and non-attribution, was created in Polldaddy online survey tool, considering its objectives and identified constructs. A hypothesis test was defined, where the criteria were to be greater than 3, which was the central point of the scale.

Pilot

Before publishing and promoting it, in order to test content and format of the survey, a pilot was conducted. Three selected experts took the survey and some suggestions were made by them and then, survey was adjusted.

Data collection and analysis

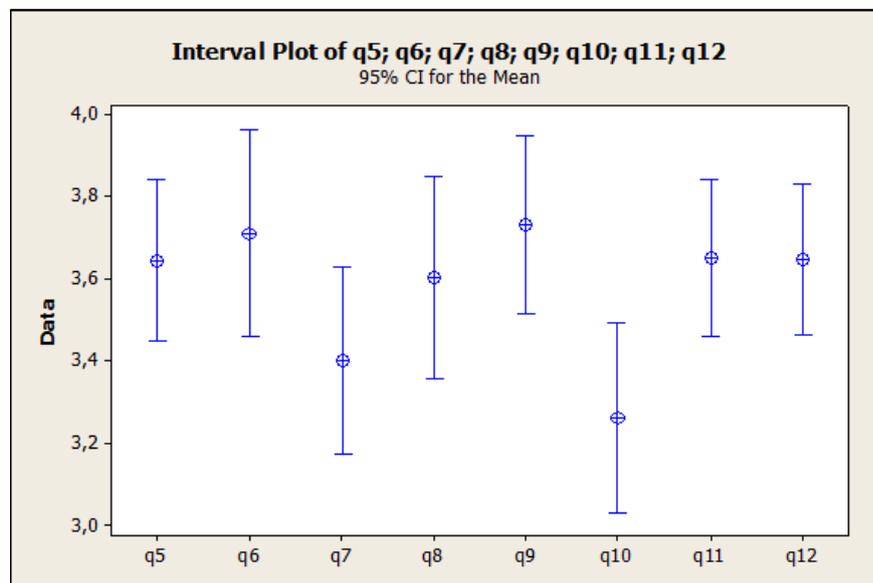
Data collection followed the planned protocol. Answers from respondents were collected using the survey tool and, in the end, the tool consolidated data per questions, which were analyzed. So, data analysis was done with obtained results that reflected answers from respondents. Survey was partially answered by 25 experts and completely answered by 50 experts, which represents a completion rate of 67%, that was good enough, due to information volume that respondents were exposed to, in order to have a background for answering each question. Cronbach's alpha was 0,8981, which represents good internal consistency. All questions regarding limitation or objectives obtained a mean greater than 3, which was the central point of the scale. Also, a hypothesis test was conducted for every factor in order to test if method objectives were achieved, as per experts' opinions. In

addition, feedback regarding method weaknesses, strengths and opportunities were also collected and analyzed.

Results

As an overall result (presented in Figure 103), all factors passed in criteria established for hypothesis test, which represents that extended method has reduced current SCAMPI limitations as well as has achieved its objectives: to be a feasible, useful and usable method which describe which, how, where, when, and why apply process mining techniques in SCAMPI appraisals.

Figure 103 – Hypothesis test



As per qualitative results, only 10% of respondents said that they would not try to apply process mining techniques in their future appraisals, if they had such opportunities. Also, experts have stated some method strengths such as: a) possibility of analyzing data from larger sample sizes, reducing the analysis time of the appraisers and showing them where to focus; b) method innovativeness. Stated weaknesses were related to: a) dependence on tools that capture and manage data to be analyzed by process mining; b) difficulty of replacing the skills of appraisers and c) the fact that the extended method does not cover the document content review, requested by the SCAMPI. As opportunities for improvement was suggested evaluating which is the coverage of the extended method for CMMI-SVC and CMMI-DEV practices.

Conclusion

As a final conclusion regarding the survey, it can be stated that, in addition to verifying the extended method through peer review, it was possible to prove that the extended method is feasible, usable and useful and that Process Mining techniques can be beneficially applied in SCAMPI appraisals, reducing main current SCAMPI limitations as time and effort for data collection and analysis; dependency on experience and competence of appraisers; unreliable sampling and subjectivity in judgment on the implementation of CMMI practices.

APÊNDICE F – PROCESS MINING EXTENSION TO SCAMPI

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS**

**ARTHUR MARIA DO VALLE NETO
EDUARDO ALVES PORTELA SANTOS
EDUARDO DE FREITAS ROCHA LOURES**

PROCESS MINING EXTENSION TO SCAMPI

**CURITIBA
2015**

**ARTHUR MARIA DO VALLE NETO
EDUARDO ALVES PORTELA SANTOS
EDUARDO DE FREITAS ROCHA LOURES**

PROCESS MINING EXTENSION TO SCAMPI

Relatório Técnico do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

**CURITIBA
2015**

CONTENTS

1. EXECUTIVE SUMMARY	04
2. ABSTRACT	05
3. "PROCESS MINING EXTENSION TO SCAMPI" CONTEXT	05
4. "PROCESS MINING EXTENSION TO SCAMPI" CONTENT	12
REFERENCES	31
APPENDICES	33

1. EXECUTIVE SUMMARY

“Process Mining Extension to SCAMPI” is an extension to the Standard CMMI® Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPISM) Version 1.3b: Method Definition Document for SCAMPI A, B, and C (SCAMPI MDD) (CMMI INSTITUTE, 2014). SCAMPI is a method for conducting appraisals relative to CMMI® (Capability Maturity Model® Integration) models. This extended method consists of Process Mining techniques added to current SCAMPI method in order to provide an explicit and focused basis for appraising an organization using such techniques in addition to the existing ones.

Process Mining is a relative young research discipline that sits between machine learning and data mining on the one hand and process modeling and analysis on the other hand. The idea of Process Mining is to discover, monitor and improve real processes (i.e., not assumed processes) by extracting knowledge from event logs readily available in today’s information systems (VAN DER AALST, 2011).

This extension was developed because it was recognized that SCAMPI has some limitations that can be reduced by Process Mining techniques. These limitations include a) SCAMPI appraisals are long, complex, expensive and resource demanding (especially regarding data collection and analysis tasks); b) SCAMPI presents subjectivity to analyze data and to judge about the implementation of practices and c) SCAMPI does not provide confidence regarding sample selection and its representativeness.

Applying Process Mining techniques in a SCAMPI appraisal enhances how the appraisal team collects and analyzes data as well as judges the extent to which an organizational unit has implemented the reference model practices being appraised.

A key aim of “Process Mining Extension to SCAMPI” is to guide CMMI appraisers on which, how, when, where and why apply Process Mining techniques on CMMI-based appraisals. “Process Mining Extension to SCAMPI” does not intend to replace SCAMPI MDD since it does not replicate full content of SCAMPI. It focuses on how Process Mining aspects affect the main content of SCAMPI, e.g. its processes and activities. By implementing them, appraisal team applies techniques, such as process discovery and conformance checking, that enhance the reliability and efficiency of a SCAMPI appraisal.

2. ABSTRACT

Standard CMMI® Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPISM) Version 1.3b: Method Definition Document for SCAMPI A, B, and C (SCAMPI MDD) (CMMI INSTITUTE, 2014) provides a method that uses data collection and analysis techniques but it has not incorporated existing Process Mining techniques that can reduce some of its limitations.

“Process Mining Extension to SCAMPI” is an extended method that adds Process Mining techniques, such as process discovery and conformance checking, into SCAMPI to provide an explicit and focused basis for appraising an organization using such techniques aiming to lead to more reliable and effective appraisals.

This guide was developed using a similar approach as the SAFE V1.2: A Safety Extension to CMMI-DEV, V1.2 (SAFE V1.2, 2007), which is meant to extend CMMI-DEV with safety attributes; and Security by Design with CMMI for Development, version 1.3 (SIEMENS AG CORPORATE TECHNOLOGY, 2013) which is an application guide for improving processes that lead to secure products.

3. “PROCESS MINING EXTENSION TO SCAMPI” CONTEXT

“Process Mining Extension to SCAMPI” is an extension to the Standard CMMI® Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPISM) Version 1.3b: Method Definition Document for SCAMPI A, B, and C (CMMI INSTITUTE, 2014).

The objective of this extended method is to establish which (and how) Process Mining techniques (such as process discovery and conformance checking) and elements (such as event log, process models and results of analysis) should be used in SCAMPI appraisals in order to conduct appraisals with more reliability and efficiency.

Process Mining techniques are able to extract knowledge from event logs commonly available in today's information systems. Such techniques provide new means to discover, monitor, and improve processes in a variety of application domains (VAN DER AALST, 2011).

3.1 BACKGROUND AND ACKNOWLEDGEMENTS

This guide was developed by PPGEPS (Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção e Sistemas) group at PUCPR (Pontifícia Universidade Católica do Paraná) to apply Process Mining techniques in SCAMPI appraisals for the following reasons:

- There is an opportunity to reduce amount of effort and time for data collection and analysis activities in SCAMPI appraisals.
- There is an opportunity of evaluating more process instances than what is typically done in current SCAMPI appraisals (i.e. increasing sample size).
- There is an opportunity to reduce subjectivity when analyzing objective evidence and judging about reference model practices implementation.
- There is an opportunity to use process mining algorithms and tools to automatically identify the actual process being performed and its deviations from organizational policies, standard processes and reference models practices.
- There is an opportunity to enhance data analysis techniques in current SCAMPI method in order to also evaluate aspects regarding who (and when) performed an activity, and in which order.

The knowledge for developing “Process Mining Extension to SCAMPI” was obtained mainly from field experience with process assessments, quality assurance, software development and Process Mining.

The approach used in the (SAFE V1.2, 2007) and in the (CORPORATE TECHNOLOGY, 2013), has been emulated in this extended method, but for a different purpose. Some phrases from both extensions have been used here.

PPGEPS acknowledges the following contributing author and reviewers:

- Arthur Maria do Valle Neto (PUCPR, Wipro Technologies)
- Eduardo Portela (PUCPR)
- Eduardo Rocha Loures (PUCPR)

We thank the CMMI and SCAMPI communities for sharing their feedback regarding the extended method itself and results of its application. In particular we want to thank Patrick O’Toole (from PACT-Process Assessment, Consulting & Training, LLC) for helpful contributions about this method.

Please address comments, inquiries, and requests for further information to arthur.maria@pucpr.br

3.2 PURPOSE AND REQUIREMENTS

The purpose of “Process Mining Extension to SCAMPI” is to provide an extended appraisal method capable of supporting appraisals aided by Process Mining, where Process Mining techniques, such as process discovery and conformance checking, support data collection and analysis. It is provided in a form that can be used by CMMI appraisers with minimal support from Process Mining experts.

“Process Mining Extension to SCAMPI” has been designed to reduce certain SCAMPI limitations, which were identified via process assessment community feedback and are summarized in chart 01-“limitations and requirements for the extended method”. Requirements that address such limitations have been used as references for key method architecture and design decisions.

Chart 1 - Limitations and requirements for the extended method

Limitation	Requirement
SCAMPI appraisals are inherently dependent on the appraisers and the competencies of appraisers.	Extended method should reduce the dependency on appraiser and their competencies.
SCAMPI appraisals are long, complex, expensive and resource demanding (especially regarding data collection and analysis tasks).	Extended method should reduce the amount of effort and time from appraisal team (especially regarding data collection and analysis tasks).
SCAMPI presents subjectivity to analyze data and to judge about the implementation of practices.	Extended method should reduce subjectivity to analyze data and to judge about the implementation of model practices.
SCAMPI does not provide confidence regarding sample selection and its representativeness.	Extended method should increase the confidence regarding sample selection and its representativeness.

In addition to these requirements, "Process Mining Extension to SCAMPI" is based on certain assumptions and design principles, described below, related to the expected use of the extended method.

-“Process Mining Extension to SCAMPI”, at least in this initial version, focuses the investigation more on conformance than performance.

-“Process Mining Extension to SCAMPI” is expected to be used in SCAMPI A, B or artifact based C appraisals, because it considers Process Mining related elements as artifacts, since they are also tangible forms of objective evidence that represents a consequence of implementing a model practice. In such case, this type of artifacts may include process models and other elements as results of the application of Process Mining techniques such as process discovery and conformance checking.

-“Process Mining Extension to SCAMPI” expects to use primarily the verification approach (in terms of data collection approach), due to the nature of Process Mining techniques, which demand locating, extracting, and preparing specific type of event data before applying the Process Mining techniques during the Conduction phase of the appraisal.

-“Process Mining Extension to SCAMPI” is highly dependent on the existence of high-quality data sets.

-“Process Mining Extension to SCAMPI” is dependent on the availability of key Process Mining resources (e.g. tools and Process Mining analysts).

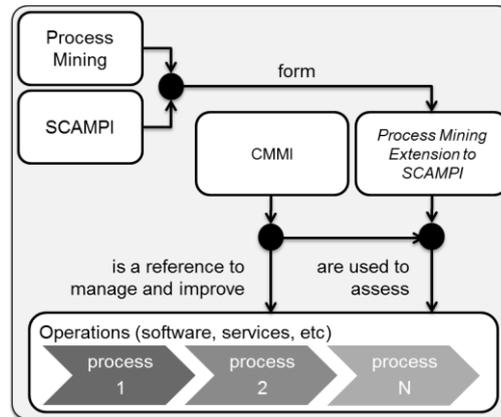
-“Process Mining Extension to SCAMPI” is expected to reduce the time consumed by the process of discovering whether and how the organization has addressed some selected practices or components in the reference model.

There is also an overall assumption that, even when nothing related to Process Mining is mentioned in the extended method (for instance, in a form as Process Mining extension), the original SCAMPI process and associated activities intrinsically comprise Process Mining aspects and results. For example, this is the case of processes (and associate activities) such as Prepare for Appraisal Conduct; Prepare Participants; Document Objective Evidence; Verify Objective Evidence; Validate Preliminary Findings and Deliver Appraisal Results.

3.3 RELATIONSHIPS WITH CMMI AND SCAMPI

The relationship of “Process Mining Extension to SCAMPI” with SCAMPI, CMMI models as well as Process Mining discipline and organization’s processes is shown in figure 01-“Process Mining Extension to SCAMPI”.

Figure 01: Process Mining Extension to SCAMPI



CMMI® models are collections of best practices that help organizations to manage and improve their processes (CHRISISS, Mary Beth; KONRAD, Mike and SHRUM, Sandra, 2011). Currently, SCAMPI appraisal method is used to identify strengths and weaknesses relative to a reference model, such as a CMMI model. It incorporates best practices recognized as successful in the appraisal community, and is based on the features of several legacy appraisal methods. Incorporating Process Mining aspects in the SCAMPI method, "Process Mining Extension to SCAMPI" is formed, which is also used to assess operations' processes. It is positioned as a set of new or extended processes, activities and its derived elements (e.g. inputs, outputs, tools and techniques) in SCAMPI.

3.4 STRUCTURE OF THE "PROCESS MINING EXTENSION TO SCAMPI"

The structure of the "Process Mining Extension to SCAMPI" method comprising processes and activities for each of the three appraisal phases is presented in chart 02-"Structure of Process Mining Extension to SCAMPI". Bold process and activities are new content to current SCAMPI method. Underlined activities are extended content to current SCAMPI method. Note that the titles of new processes and activities received letters instead of numbers in order to maintain the numbering of original SCAMPI method. Also, note that in the chart only processes and activities are presented, although any derived element (such as inputs, outputs, tools and techniques) can be extended.

Chart 02 - Structure of Process Mining Extension to SCAMPI

Phase	Process	Activities
1 Plan and Prepare for Appraisal	1.1 Analyze Requirements	<u>1.1.1 Determine Appraisal Objectives</u> <u>1.1.2 Determine Data Collection Strategy</u> 1.1.3 Determine Appraisal Constraints <u>1.1.4 Determine Appraisal Scope</u> 1.1.5 Determine Appraisal Outputs 1.1.6 Obtain Commitment to Initial Appraisal Plan
	1.2 Develop Appraisal Plan	<u>1.2.1 Tailor Method</u> <u>1.2.2 Identify Needed Resources</u> <u>1.2.3 Develop Data Collection Plan</u> 1.2.4 Determine Cost and Schedule 1.2.5 Plan and Manage Logistics 1.2.6 Document and Manage Risks 1.2.7 Obtain Commitment to Appraisal Plan
	1.3 Select and Prepare Team	<u>1.3.1 Identify Appraisal Team Leader</u> <u>1.3.2 Select Team Members</u> 1.3.3 Document and Manage Conflicts of Interest <u>1.3.4 Prepare Team</u>
	1.A Obtain Process Mining Artifacts and Elements	1.A.1 Obtain Process Mining Artifacts 1.A.2 Obtain Process Mining Elements
	1.4 Obtain and Inventory Initial Objective Evidence	1.4.1 Obtain Initial Objective Evidence 1.4.2 Inventory Objective Evidence
	1.5 Prepare for Appraisal Conduct	1.5.1 Perform Readiness Review 1.5.2 Re-Plan Data Collection
2 Conduct Appraisal	2.1 Prepare Participants	2.1.1 Conduct Participant Briefing
	2.A Apply Process Mining Techniques on Objective Evidence	2.A.1 Familiarize and Filter Event log 2.A.2 Discover Actual Process from Event Log 2.A.3 Check Conformance of Event Log with <i>de Jure</i> Model 2.A.4 Compare Conformance between <i>de Facto</i> model and <i>de Jure</i> Model 2.A.5 Check Conformance to Business Rules 2.A.6 Examine Process Mining results
	2.2 Examine Objective Evidence	2.2.1 Examine Objective Evidence from Artifacts 2.2.2 Examine Objective Evidence from Affirmations
	2.3 Document Objective Evidence	2.3.1 Take/Review/Tag Notes 2.3.2 Record Presence/Absence of Objective Evidence 2.3.3 Document Model Component Implementation 2.3.4 Review and Update the Data Collection Plan
	2.4 Verify Objective Evidence	2.4.1 Verify Objective Evidence 2.4.2 Characterize Implementation of Model Practices and Generate Preliminary Findings
	2.5 Validate Preliminary Findings	2.5.1 Validate Preliminary Findings

	2.6 Generate Appraisal Results	2.6.1 Derive Findings and Rate Goals 2.6.2 Determine Process Area Ratings 2.6.3 Determine Process Area Profile 2.6.4 Determine Maturity Level 2.6.5 Document Appraisal Results
3 Report Results	3.1 Deliver Appraisal Results	3.1.1 Deliver Final Findings 3.1.2 Conduct Executive Session(s) 3.1.3 Plan for Next Steps
	3.2 Package and Archive Appraisal Assets	3.2.1 Collect Lessons Learned 3.2.2 Generate Appraisal Record 3.2.3 Provide Appraisal Feedback to the CMMI Institute 3.2.4 Archive and/or Dispose of Key Artifacts
4 Action Plan Reappraisal	4.1 Action Plan Reappraisal	4.1.1 Plan Action Plan Reappraisal 4.1.2 Conduct Executive Session(s) Reappraisal 4.1.3 Report Action Plan Reappraisal

3.5 INTENDED AUDIENCES

“Process Mining Extension to SCAMPI” is intended to be used primarily by SCAMPI lead appraisers and appraisal team members. It has been written assuming that appraisers have undertaken normal CMMI appraiser training and the additional Process Mining training module. Also, it does not assume that all appraisal team members should have a high level of knowledge in Process Mining.

3.6 USAGE SCENARIO

“Process Mining Extension to SCAMPI” is used in the same context as SCAMPI (i.e. internal process improvement, supplier selection, process monitoring) as long as there are pre-conditions (i.e. premises) to apply Process Mining techniques, as stated in the Process Mining Manifesto (VAN DER AALST et al., 2012):

- Possibility to sequentially record, from information systems that support process execution, events such that each event refers to an activity and is related to a particular case (i.e., a process instance).
- Whenever possible, record extra information such as the resource (i.e., person or device) executing or initiating the activity, the timestamp of the event, or data elements recorded with the event (e.g., the number of errors found in testing).

4. “PROCESS MINING EXTENSION TO SCAMPI” CONTENT

This section consists of entire content of “Process Mining Extension to SCAMPI” covering its phases, processes, activities and derived elements.

In order to differentiate content, the concept of extensions was created. They are elements of the extended method, clearly identified as text box in grey color, that describe considerations regarding Process Mining, as a new element (e.g. processes or activities) or elaborating an existing element (e.g. activities) of original SCAMPI method.

This content is presented in the same format and style as the process descriptions contained in Part II of SCAMPI MDD.

1.1 Plan and Prepare for Appraisal

1.1 Analyze Requirements

1.1.1 Determine Appraisal Objectives

Process Mining extension:

After defining appraisal objectives, evaluate which appraisal objectives could be met by applying Process Mining techniques. Later on, such identified objectives will also be used to derive relevant questions that will drive the application of Process Mining techniques in the appraisal. Also, obtained Process Mining results will be later evaluated to check if they meet the objectives defined in this activity.

1.1.2 Determine Data Collection Strategy

Process Mining extension:

Note that due to data-dependency nature of Process Mining, it is only applicable when selected data collection approach is “Verification”.

The Data Collection Strategy for an appraisal aided by Process Mining should address the determination of Process Mining specific aspects, such as:

- Description of Process-Aware Information Systems (PAIS) available in the organization unit.
- Derived from the appraisal objectives that can be addressed by Process Mining, the questions that could be answered using Process Mining techniques. See appendix C for examples of questions. Note that Process Mining activities need to be driven by questions. Without concrete questions it will be very difficult to locate, select and extract meaningful event data.
- From identified questions, which Process Mining techniques could be used for collecting and examining Process Mining related artifacts.

See appendix C for a list of typical questions.

1.1.3 Determine Appraisal Constraints

1.1.4 Determine Appraisal Scope

Process Mining extension:

From the defined reference model scope, select a subset of this scope to be examined using Process Mining techniques. There are some CMMI model components that are more suitable to be examined using Process Mining. For instance, when the implementation of particular process areas and their practices by an organizational unit involves the usage of information systems that support the conduction of such organizational processes, there is a higher probability to have event logs associated to these processes, which is a premise for Process Mining. Criteria to be used in this selection could involve aspects such as:

- “Implementation via a standard organizational process”, “execution supported by PAIS-Process-Aware Information System” and “event log exportation capability”, for selection of CMMI Process Areas;
- “Characteristics of a process, when implemented” and “data format as expected?” for selection of generic practices of CMMI Process Areas.

The result of the application of such criteria is a list of CMMI Process Areas and associate generic practices to be examined by Process Mining. As a reference, in appendix D there is a table with evaluation of CMMI-DEV Process Areas regarding presented criteria. The most suitable process areas to be examined by Process Mining are highlighted. In appendix E there is a table with evaluation of generic practices regarding presented criteria. The most suitable generic practices to be examined by Process Mining are highlighted as well as the associate Process Mining technique and perspective.

From the defined organizational scope, as well as considering the reference model scope selected to be examined by Process Mining, select a subset of this scope to be examined using Process Mining.

Also, when considering the representativeness of sample of basic units and support functions, take into consideration that Process Mining techniques could contribute in the direction of selecting a larger sample. Since Process Mining techniques were developed to be applied in larger datasets, it might not demand significant additional effort. In addition, the confidence level of inference will be higher when larger sample are considered. However, remind that sampled basic units and support functions should have appropriate event logs in terms of type of data to be examined using Process Mining.

The overall result of considering Process Mining in the determination of appraisal scope is a set of Process Areas (and associate Specific Practices) and Generic Practices to be examined for a selected subset of sampled basic units and support functions. It is important to document these decisions in the appraisal plan.

1.1.5 Determine Appraisal Outputs**1.1.6 Obtain Commitment to Initial Appraisal Plan****1.2 Develop Appraisal Plan****1.2.1 Tailor Method****Process Mining extension:**

Note that due to data-dependency nature of Process Mining, it is only applicable when selected data collection approach is Verification.

1.2.2 Identify Needed Resources**Process Mining extension:**

Resources needed for an appraisal aided by Process Mining should be addressed. It might include the following:

- Identify required tools for Process Mining such as ProM or vendor tools. It might also include tools to be used for extracting and preparing (e.g. mapping, formatting and transforming) the data exported from PAISs.
- Identify skills and knowledge regarding Process Mining needed by the appraisal team.

1.2.3 Develop Data Collection Plan**Process Mining extension:**

Regarding Process Mining aspects, the data collection plan should specify:

- The characteristics and the content (in terms of data) of PAISs in the organization unit which are related to the reference model scope and organizational scope to be examined by Process Mining. Special attention should be given to the types of event log data normally expected by Process Mining: a) data relating to the identification of the process instance (i.e. case ID); b) data related to activities associated with the process instances; c) data containing the names of the executors of each activity; d) information on the start and end times (i.e. timestamps, such as "29-03-2013:10.05.10") of each activity and e) data on other attributes of the process instances, where available.
- Based on the appraisal scope, an indication of which objective evidence will be examined by Process Mining. Also, for every instantiation of every model practice to be examined by Process Mining, specify how, in terms of Process Mining technique and algorithm, and by whom the objective evidence will be examined. A table with Process Mining techniques and associate algorithms is presented in appendix F.
- Descriptions of Process Mining related artifacts (such as event logs) and elements (such as de jure models and business rules) to be collected or derived, as well as the tasks for obtaining or generating them.

1.2.4 Determine Cost and Schedule**1.2.5 Plan and Manage Logistics****1.2.6 Document and Manage Risks****1.2.7 Obtain Commitment to Appraisal Plan****1.3 Select and Prepare Team****1.3.1 Identify Appraisal Team Leader**

Process Mining extension:

It is an additional responsibility of appraisal leader that he/she ensures that at least one appraisal team member has the appropriate experience, knowledge, and skills in Process Mining tools and techniques. Also, he/she needs to ensure that the appraisal aided by Process Mining is conducted in accordance with this document.

1.3.2 Select Team Members**Process Mining extension:**

In an appraisal aided by Process Mining, the appraisal team, as a whole, must have members with knowledge and skills in Process Mining tools and techniques.

1.3.3 Document and Manage Conflicts of Interest**1.3.4 Prepare Team****Process Mining extension:**

Ensure that appraisal team members have received Process Mining training. A Process Mining training course is required for appraisal team members. In addition to general Process Mining concepts, the training also focuses on Process Mining concepts, techniques and tools which support audits and appraisals. In this manner, the training enables team members to apply Process Mining techniques when performing data collection and analysis in an appraisal aided by Process Mining.

Assign Process Mining analyst role to team members. Process Mining analyst is someone who is skilled in applying Process Mining techniques and using Process Mining tools.

1.A Obtain Process Mining Artifacts and Elements

Purpose	Identify, obtain and prepare Process Mining artifacts (such as event log) and process elements (such as <i>de Jure</i> models and business rules) in order to enable them as inputs for applying Process Mining.
Entry Criteria	<ul style="list-style-type: none"> • Data collection strategy has been established. • Data collection plan exists. • Availability of practice or model component implementation data for Organizational unit
Inputs	<ul style="list-style-type: none"> • Data inventory results (e.g., data availability summaries) • Identification of additional information needed • Initial set of objective evidence
Activities	<p>1.A.1 Obtain Process Mining Artifacts</p> <p>1.A.2 Obtain Process Mining Elements</p>
Outputs	<ul style="list-style-type: none"> • Event log • <i>de Jure</i> Model • Business rules
Outcome	<ul style="list-style-type: none"> • Process Mining artifacts and elements have been obtained and are ready to be applied in Process Mining techniques.
Exit Criteria	<ul style="list-style-type: none"> • Process Mining related objective evidence is captured.

<p>Key Points</p>	<ul style="list-style-type: none"> • The level of sufficiency of the inventory of objective evidence associated with Process Mining to support the appraisal is determined <p>The quality of Process Mining results heavily depends on the input. It will also determinate how much time and effort will be spent on examining Process Mining related objective evidence in Conduct Appraisal phase.</p> <p>Process Mining is impossible without proper event logs. Domain knowledge is needed to locate the required data and to select it. Data extraction should be driven by the formulated questions rather than the availability of lots of data.</p>
<p>Tools and Techniques</p>	<p>PAISs (Process Aware Information Systems) are critical since data to be examined by Process Mining is the one contained in these information systems.</p> <p>ProM is open-source Process Mining software tool providing a wide variety of Process Mining techniques and can be freely downloaded from www.processmining.org or prom.sf.net.</p> <p>Tools such as XESame, ProMimport, and Nitro can be used to extract files from different data sources.</p> <p>MXML (Mining eXtensible Markup Language) is one standard for storing and exchanging events logs. ProMimport is the tool supporting the conversion of different data sources to MXML.</p> <p>XES is the successor of MXML. The XES format is supported by tools such as ProM, Disco, XESame, and OpenXES.</p> <p>ProM can load both MXML and XES files.</p>
<p>Metrics</p>	<p>Maturity level for event logs (ranging from excellent quality to poor quality). Refer to Process Mining Manifesto for more information about event log maturity levels (VAN DER AALST et al., 2012).</p>
<p>Verification and Validation</p>	<p>When the team includes members of the appraised organization, these members should help the understanding of initial Process Mining related objective evidence provided in order to prevent misinterpretation of terms or special conditions.</p> <p>Inconsistencies and contradictions among the items provided in initial objective evidence should be identified and recorded for resolution.</p> <p>Review of obtained results should be conduct to verify and validate integrity of resulting outcomes from input. Undesired results should be addressed.</p>
<p>Records</p>	<p>Lists of information needed should be maintained and used as input to the later data collection activities.</p> <p>Calendar time and effort expended in this activity should be recorded and compared to the plan. These data will be part of the appraisal record.</p>
<p>Interfaces with Other</p>	<p>This process plays a critical role in an appraisal aided by Process Mining since the inputs obtained in this process are needed to apply Process</p>

Processes	Mining techniques during the Conduct Appraisal phase. Some activities in this process may be combined with the activities in Section 1.4.1, Obtain Initial Objective Evidence.
Summary of Activities	The appraiser team works with representatives of the organization to obtain an initial data set that can be used for obtaining Process Mining artifacts and elements such as event log, <i>de Jure</i> process models and business rules. First, objective evidence associated with Process Mining are obtained. Second, <i>de Jure</i> models and applicable business rules are obtained from the organizational unit.
1.A.1 Obtain Process Mining Artifacts	
Activity Description	The appraisal team leader will request for the organization to provide detailed data on the implementation of practices or model components in the organization which were selected to be examined by Process Mining. It should reflect implementation of such practices or model components regarding the selected scope of sampled basic units and support functions to be examined by Process Mining. It should also contain data regarding process instances, their activities, timestamps and executors. Attribute data is optional.
Required Practices	The appraisal team leader or designee shall <ul style="list-style-type: none"> • (ABC) In the identified PAIS, locate data reflecting the implementation of model practices or model components among selected basic units and support functions in accordance with the reference model and organizational scope to be examined by Process Mining. • (ABC) In the identified PAIS, explore located data in order to develop an understanding about the data to uncover its meaning and to discover the approach the data is organized. • (ABC) After locating and exploring the data, evaluate the quality of the event data. Note that the quality should be as high as possible. • (ABC) If data quality is high, select data to be extracted. The selection must be done in accordance with the reference model and organizational scope to be examined by Process Mining. • (ABC) After selecting, extract data to create event log(s). If extracted dataset is not directly appropriate as input for Process Mining techniques, prepare extracted data.
Parameters and Limits	(ABC) This activity does not replace the activity 1.4.1 Obtain Initial Objective Evidence. In fact, this activity deals with obtaining special type of artifacts that are the Process Mining related artifacts. Also, documentation of such Process Mining related artifacts should be done as per activity 1.4.2 Inventory Objective Evidence. (ABC) At a minimum, event log data should have the following characteristics: <ul style="list-style-type: none"> - Each entry in an event log should be an event that happened at a certain point in time. These points in time are timestamps and are written to

reflect the beginning and end of each activity.

- Each entry in the event log must refer to only one activity, and each activity is uniquely identified.

- An activity is performed by a single person or system, called executor, which should also be identified and recorded. Additional information, called attributes can also be recorded.

- Each entry in the event log must contain a description of the event that took place about the activity. For example, if the activity started or finished.

- Each entry in the event log should be related to a specific instance of the process, called case.

- Each process instance must belong to a specific process.

Sometimes, available event log comprises more data on process instances than selected sample for the appraisal. This is not a problem since these additional process instances can also be analyzed in order to discover the current processes being executed by the organizational unit. It will provide a more robust process model, the *de Facto* model, which will be later analyzed using Process Mining techniques, such as conformance checking.

Implementation Guidance

When locating data, do not expect all the data to be in a single well-structured data source. Also note that most information systems store such information in unstructured form, so event data can be scattered over different locations in the systems. Then, how this data is related should be analyzed and a possible solution to combine this information should be found. In such cases, some extra efforts are needed to extract them. Note that data extraction is an integral part of any Process Mining effort.

Note that exploring data is usually done manually and captures important aspects that are present in the data and how the data relates to one another. It also enables the Process Mining analysts to be effective in the data processing and Process Mining activities.

When evaluating data quality, consider that events should be trustworthy, i.e., it should be safe to assume that the recorded events actually happened and that the attributes of events are correct. Event logs should be complete, i.e., given a particular scope, no events may be missing. Any recorded event should have well-defined semantics. Moreover, the event data should be safe in the sense that privacy and security concerns are addressed when recording the events (VAN DER AALST et al., 2012).

When selecting data, consider the characteristics such as historical or current data as well as the timeframe of selected basic units and support functions. Also, selection involves determining which available data type should be extracted. Typically, Process Mining techniques and algorithms will deal with case identification, activity, resource, timestamps and other data attributes.

When extracting data from multiple PAIS, joining them into a single

collection of events, for example, a table in which each entry represents an event.

When preparing the data, consider the following aspects:

- Cleaning the data may involve removing subsets or estimating missing data.
- Constructing the data such as creating derived attributes or transforming data to other values.
- Merging the data when multiple sets are concerned.
- Mapping the extracted data to the Process Mining data-type: instances ID, activities, executors and timestamps of activities as well as to other attributes, when available.
- Format the data, e.g. structuring the values in terms of a required format or inserting default variables.
- Transforming the data to a typical format to store event logs (XES-eXtensible event Stream or MXML-Mining eXtensible Markup Language). Such formats are readable by Process Mining tools, such as ProM. Note that there are open source tools (e.g. ProMimport) and vendor tools (e.g. Disco) where preparing data can be easily made.

1.A.2 Obtain Process Mining Elements

Activity Description

The appraisal leader will request that the organization provide the organization's processes as well as business rules descriptions, considering the appraisal scope to be examined by Process Mining, as defined in data collection plan. It is expected that such organization's processes exist in a graphical representation via electronic media. If not, it is necessary to create it using an appropriate tool. Regarding business rules, typically they are expressed (or are derived) in terms of organizational policies and processes reflecting the boundaries that business should be conducted. If not available, business rules should be identified in order to be later analyzed if they are being followed by the organizational unit.

Required Practices

The appraisal team leader or designee shall

- (ABC) Considering the scope of practices or model component implementation to be examined by Process Mining, obtain the organization's standard processes. When these processes are not available in the expected format, generate them using an appropriate tool.
- (ABC) Considering the scope of basic units and support functions to be examined by Process Mining, obtain the organization's standard processes as well as, if applicable, the defined processes. When these processes are not available in the expected format, generate them using an appropriate tool.
- (ABC) Considering the scope of practices or model component implementation to be examined by Process Mining, obtain (or

Parameters and Limits

derived) organization's business rules. When such business rules are not available, identify organization's business rules.

At a minimum, the organization should provide data that can be used to create, in a tool such as WoPeD (www.woped.org) or YAWL (www.yawlfoundation.org), *de Jure* process models in a format (e.g. Petri net) that is recognizable by Process Mining tools and techniques.

At a minimum, the organization should provide inputs, such as organizational processes and policies that can be used to identify business rules.

Implementation Guidance

De Jure process models are the basis for comparing current behavior against expected behavior or best practices. *De Jure* process models need to be in specific formats in order to be imported and used by Process Mining tools, such as ProM. Process Mining techniques, such as conformance checking, compare *de jure* models with *de facto* models (i.e. the model that reflects the current process being executed) to identify deviation in the day-by-day operations. If not available by the organization unit, *de Jure* process models should be created from available data such as process descriptions or other mechanisms such as interviews.

A business rule is a rule that defines or constrains some aspect of business and always resolves to either true or false. Business rules form the basis for comparing current behavior against expected behavior. Process Mining techniques, such as conformance checking, compare business rules with *de facto* models to identify deviations.

If not available by the organization unit, business rules should be specified from available data such as organizational policies or based on conformance frameworks. In this case, the idea is to identify relevant organizational policies as well as practices or model component implementation (to be examined by Process Mining, as defined in data collection plan) and convert it as business rules. Typically this is done manually. One example of a business rules could be state the order that activities in the organizational process should be conducted, or by whom. Another example could be the presence of an item in the organization policy in every single basic unit or support function sampled for the appraisal. These business rules will be later checked against actual processes, which will be discovered through Process Mining techniques during Conduction phase of the appraisal.

1.4 Obtain and Inventory Initial Objective Evidence

1.4.1 Obtain Initial Objective Evidence

1.4.2 Inventory Objective Evidence

1.5 Prepare for Appraisal Conduct

1.5.1 Perform Readiness Review

1.5.2 Re-Plan Data Collection

2 Conduct Appraisal

2.1 Prepare Participants

2.1.1 Conduct Participant Briefing

2.A Apply Process Mining Techniques on Objective Evidence

Purpose	Based on Process Mining related questions for the appraisal, apply Process Mining techniques on objective evidence in order to examine them under an additional perspective to contribute on deriving findings about the model practices implementation.
Entry Criteria	<ul style="list-style-type: none"> • Event log has been created and is ready to be read by Process Mining tools. • Other Process Mining elements, such as <i>de Jure</i> model and business rules have been obtained.
Inputs	<ul style="list-style-type: none"> • Process Mining artifacts <ul style="list-style-type: none"> – Event log • Process Mining elements <ul style="list-style-type: none"> – <i>de Jure</i> Process model – Business rules
Activities	<p>2.A.1 Familiarize and Filter Event log</p> <p>2.A.2 Discover Actual Process from Event Log</p> <p>2.A.3 Check Conformance of Event Log with <i>de Jure</i> Model</p> <p>2.A.4 Compare Conformance between <i>de Facto</i> Model and <i>de Jure</i> Model</p> <p>2.A.5 Check Conformance to Business Rules</p> <p>2.A.6 Examine Process Mining results</p>
Outputs	<ul style="list-style-type: none"> • Process Mining results, such as <i>de Facto</i> model. • Reports of business rules violation.
Outcome	The process currently being performed in the organization has been discovered, compared with the <i>de Jure</i> models (which might reflect organization's standard or defined processes) and to business rules. It contributes on deriving findings about model practices implementation.
Exit Criteria	Process Mining results has been generated, verified and validated.
Key Points	<p>Process Mining techniques can be used for addressing Process Mining related questions in an appraisal. For instance, typical questions concerns about:</p> <ul style="list-style-type: none"> - what extent the selected process instances follow CMMI practices, tailored processes, - what is the process actually performed in the organization and in which extension does it follow the CMMI practices, processes adapted to the process instances and the standard processes of the organization? - if sequence, or parallelism of activities is being respected? - if items of the organizational policy are being met? - "Which are the role of the executors of each activity?" "Are they the planned role and executors, as per the organization's processes?" <p>In an appraisal, such questions could be answered by identifying:</p>

- the actual process being performed, via process discovery technique;
- the executor of each activity, via organizational perspective;
- the degree of conformance to models and business rules, via conformance checking technique.

In appendix C there is a list of typical questions and applicable Process Mining techniques and perspectives.

Tools and Techniques

ProM is an open-source Process Mining tool supporting all of the Process Mining techniques. It is impossible to provide a complete overview of all available functionalities in ProM. See www.processmining.org to learn more about ProM's functionalities.

Process discovery is a technique that allows the derivation of the actual process model from a particular event log.

There are additional Process Mining techniques, for verifying whether the execution of processes is correct. One such technique is the conformance checking. The objective is to examine the degree to which the implementation of the process corresponds to a given (normative) process model, called *de Jure* model.

Linear Temporal Logic (LTL) Checking is a technique under Conformance Checking category, which analyzes the log to verify compliance with specific restrictions, which are specified by linear temporal logic formulas. This algorithm can be used where there is not a complete process model a priori, but only one set of requirements, such as business rules.

Metrics

There are some metrics that enables the quantification of dimensions of appropriateness of a model in a log: fitness, precision, generalization and simplicity.

- Fitness, the degree to which the traces of the log can be associated with the valid execution paths specified by the process model. In other words, it captures how much of the observed behavior is captured by the (discovered) process model.

- Precision, the extent to which the process model describes the behavior observed.

- Generalization, the extent to which the resulting model can produce only the sequence of activities observed in the log.

- Simplicity, the fraction of behavior allowed by the model which is not seen in the log.

Of the four, fitness is most related to conformance.

Verification and Validation

It is necessary to verify and validate the Process Mining results such as discovered models and conformance checking results. Verification is a technical assessment based on the results of the Process Mining techniques

applied. During the verification, the model is checked on its correctness according to the technical description and specifications. A correctness criterion that can be checked using verification is soundness. Soundness guarantees the absence of deadlocks, activities that can never become active, livelocks and other anomalies that can be detected without domain knowledge.

Validation is the process of determining the degree to which the Process Mining results represents the real organizational process. Process Mining results could, for example, be not understandable by business because of its language or complexity.

In addition to verification and validation, it is also important to accreditate on the Process Mining results. Accreditation is evaluating if the Process Mining results meet the Process Mining related objectives of the appraisal. So, each Process Mining related objective of the appraisal, as defined during Plan and Prepare for Appraisal phase, could be evaluated against the obtained Process Mining results in order to verify if objectives have been met.

Records

De Facto model; Business rules violation report; Conformance measures.

Interfaces with Other Processes

This process is strictly linked to other processes and activities regarding examination, documentation and verification of objective evidence during conduction phase of an appraisal. Process Mining results will be used, in addition or alternatively to traditional results of objective evidence review, to judge about the implementation of model practices.

Summary of Activities

Here, the actual Process Mining work is done. Process discovery is one of the types of Process Mining. Based on an event log, a process model is constructed thus capturing the behavior seen in the log. Conformance checking, as another type of Process Mining technique, aims at the detection of inconsistencies between a process model or business rules and its corresponding execution log.

2.A.1 Familiarize and Filter Event log

Activity Description

Before applying Process Mining techniques is important to get familiar with the event log in order to be aware of what is contained in the event log. After that, filter an event log is (typically) necessary to consider only the interested data.

Required Practices

The appraisal team members performing the Process Mining analyst roles shall do the following:

- (ABC) load event log in identified Process Mining tool
- (ABC) familiarize with the event log and process information that is contained in the event log.
- (ABC) filter an event log to consider only the interested data, by adding or removing information.

Parameters and Limits

Typically, there are three types of filtering techniques: slice and dice (also known as attribute filtering), variance-based, and compliance-based.

	<ul style="list-style-type: none"> - Slice and dice can be used to remove events or traces based on the values recorded for a specific attribute, e.g. activity name, resource identifier or timestamps of events, or based on simple statistics, e.g. number of events of a trace or case durations. - Variance based filtering groups similar traces, e.g. through clustering, which can be used to partition the event log in order to discover simpler process models for each of the partitions of a complex process. - Compliance based filtering can be used to remove traces or events that do not comply with a given rule or fit a given process model, which is a very flexible form of filtering.
Implementation Guidance	<p>In ProM, or other Process Mining tools, there are functions, such as Log Summary, that enable familiarizing the log in order to gather several statistics about the log, e.g. amount and diversity of process instances, activities and resources, but also the average number of events per case and the different start and end activities. These statistics give a first impression in how the events in the event log are correlated and can give an indication in how a selected Process Mining technique will perform on this data.</p> <p>Filtering is a well-known and frequently used data processing step to reduce complexity or focus the analysis on a specific part of the dataset. A first step in log filtering is often to remove all event types except the "complete" events, i.e. The events referring to the successful completion of an activity. The reason for this is simple, i.e. removing all other events and even discarding cases that were aborted, it is obtained a process log that is easier to analyze or mine and less sensitive to noise.</p> <p>Filtering is often performed multiple times in an analysis iteration to obtain different perspectives on the event data. Based on the filtered event log, the different types of Process Mining techniques can be applied.</p>
	<h3>2.A.2 Discover Actual Process from Event Log</h3> <p>Activity Description</p> <p>Once event log is imported in ProM (or other Process Mining tool with discovery functionality), a discovery algorithm (such as alpha, alpha++ or heuristic miner algorithm) is applied for discovering the process model reflected by event data, resulting in the <i>de Facto</i> model. Once the process model is discovered, it can be analyzed in order to better understand how it actually works.</p> <p>Required Practices</p> <p>The appraisal team members performing the Process Mining analyst roles shall</p> <ul style="list-style-type: none"> • (ABC) load event log (if not already there) • (ABC) select appropriate discovery algorithm • (ABC) apply selected discovery algorithm • (ABC) check results • (ABC) identify deviations <p>Parameters</p> <p>Appraisal team member(s) performing the Process Mining analyst role should decide which process discovery algorithm to apply. Algorithms</p>

and Limits	<p>such as alpha-algorithm, heuristic miner, fuzzy miner, and genetic miner are recommended.</p> <p>There are also algorithms in order to discover who are performing each activity. It could contribute for examining practices related to resources, roles and responsibilities, such as GP 2.3, GP 2.4 and GP 2.7. For this, algorithm such as Organizational Miner, Social Network Miner and Role Hierarchy Miner are recommended.</p> <p>For a reference about main Process Mining algorithms see appendix F.</p>
Implementation Guidance	<p>The <i>de Facto</i> process model may be discovered using process discovery algorithms such as the alpha-algorithm, alpha+-algorithm, heuristic miner, fuzzy miner, multi-phase macro plugin and genetic miner. Each discovery algorithm has its specific format, characteristics and modus operandi, as well as strengths and weaknesses when compared with others. Nevertheless, they intend to generate similar results. Studies such as (DE WEERDT et al., 2012) indicate that the Heuristics Miner algorithm is especially suited in a real-life setting.</p>
2.A.3 Check Conformance of Event Log with <i>de Jure</i> Model	
Activity Description	<p>Analyze the extent to which the process execution, as recorded in the event log, corresponds to the <i>de Jure</i> process model (either reflecting the organization's standard process or the defined process). The purpose of this activity is to pinpoint deviations and quantify the level of compliance.</p>
Required Practices	<p>The appraisal team member(s) acting as Process Mining analyst(s) shall do the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> • (ABC) load event log (if not already there) • (ABC) load <i>de Jure</i> model • (ABC) map activities in the event log to activities in the <i>de Jure</i> process models. • (ABC) select and apply algorithm • (ABC) check results • (ABC) calculate fitness measure • (ABC) identify process instances that deviate from <i>de Jure</i> model, and how
Parameters and Limits	<p>(ABC) The appraisal team must evaluate the content of Process Mining artifacts to determine how they support model practice or model component implementation.</p> <p>Note that two different <i>de Jure</i> models could exist. One reflects organization's standard processes while the other reflects defined processes.</p> <p>Appraisal team member(s) performing process analyst role should identify which Process Mining algorithm to apply. There is a recommendation to use Conformance Checking algorithm. For a reference about main Process Mining algorithms see appendix F.</p> <p>As a reference, value for fitness indicator should be as high as possible (i.e.</p>

a value higher than 0.8 is desired).

(ABC) This activity does not replace the activity 2.2.1 Examine Objective Evidence from Artifacts. In fact, it complements that activity using Process Mining techniques as an addition form to examine objective evidences aiming to determine the extent to which model practices or model components have been implemented in the organizational unit.

Implementation Guidance

Conformance can be checked by using metrics to determine the extent to which the behavior observed in the event log complies with the *de Jure* model. Such analysis is performed by establishing a one-to-one mapping between log entries and activities in the *de Jure* model, and then checking if the process model would allow each recorded trace to occur. The correct mapping of activities in the event log to activities in the *de Jure* model is essential for this conformance checking.

When comparing process implementation to the *de Jure* model, it is possible to identify in which extension each sampled basic unit or support function has followed the expected processes in terms of activities, their sequence and executors.

Although there are several metrics that can be used for comparing log with the *de Facto* process model, such as Fitness; no measure could be directly used here as a criterion since practices implementation rating is not decided based on a minimum number level such as 80%. In current SCAMPI method, there is a specific criterion to judge the degree of instance-level degree of implementation. Focus here is to point out which process instances deviate from the organization's standard process or defined processes, and how.

2.A.4 Compare Conformance between *de Facto* model and *de Jure* Model

Activity Description

This activity identifies the extent to which the *de Facto* model corresponds to *de Jure* model.

Required Practices

The appraisal team member(s) acting as Process Mining analyst(s) shall

- (ABC) load de jure model and de facto model (if not already there)
- (ABC) select and apply selected conformance checking algorithm
- (ABC) check results
- (ABC) identify aspects in the *de Facto* model that deviate from *de Jure* model.

Parameters and Limits

(ABC) The appraisal team must evaluate the content of Process Mining artifacts to determine how they support model practice or model component implementation.

(ABC) This activity does not replace the activity 2.2.1 Examine Objective Evidence from Artifacts. In fact, it complements that activity using Process Mining techniques as an addition form to examine objective evidences aiming to determine the extent to which model practices or model components have been implemented in the organizational unit.

	<p>Note that two (or even more) different <i>de Jure</i> models could exist. One reflects organization's standard processes while the other(s) reflects defined processes.</p> <p>Appraisal team member(s) performing process analyst role should identify which Process Mining conformance checking algorithm to apply. There is a recommendation to use Graph Matching Analysis, Differences Analysis and Footprint Similarity algorithms. For a reference about main Process Mining algorithms see appendix F.</p>
Implementation Guidance	<p>Conformance checking is a useful technique to assess the degree that processes are executed within the boundaries set by organization's standard processes and/or business rules. It can be used to detect the conformance of an executed process, reflected by <i>de Facto</i> model, with its descriptive model, i.e. the <i>de Jure</i> model. By replaying the event log on a process model, it is possible to quantify and visualize deviations.</p> <p>Although there are several metrics that can be used for comparing these two models, such as Footprint Similarity; no measure could be directly used here as a criterion since practices implementation rating is not decided based on a minimum number level such as 80%. In current SCAMPI method, there is a specific criterion to judge the degree of practice-level degree of implementation. Focus here is to point out which activities in the actual process being performed deviate from the defined process or organization's standard process, and how.</p> <p>Results of this activity might contribute for deciding, later, if practice-level implementations are fully implemented, largely implemented, partially implemented or not implemented.</p>
2.A.5 Check Conformance to Business Rules	
Activity Description	<p>This activity verifies the extent to which data concerning to processes execution are in accordance with business rules. Since business rules are expressed in predicate logic, they can be translated into queries. The queries are executed in a database. If the query result is an empty set, no rule was violated. If a rule is violated, an exception report is generated based on the query containing examples of violation.</p> <p>Also, business rules conformance checking can point out the parts of the process where the log does not comply with business rules.</p>
Required Practices	<p>The appraisal team member(s) performing the Process Mining analyst role shall do the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> • (ABC) load event log and de facto model (if not already there) • (ABC) apply selected conformance checking algorithm, informing each business rules to be checked • (ABC) check results • (ABC) identify which instances violate the rules
Parameters and Limits	<p>Appraisal team member(s) performing the Process Mining analyst role should identify which Process Mining conformance checking algorithm to apply. Recommended algorithms are LTL Checker, SCIFF Checker Plugin</p>

and Semantic LTL Checker. For a reference about main Process Mining algorithms see appendix F.

(ABC) This activity does not replace the activity 2.2.1 Examine Objective Evidence from Artifacts. In fact, it complements that activity using Process Mining techniques as an addition way to examine objective evidences aiming to determine the extent to which model practices or model components have been implemented in the organizational unit.

Implementation Guidance

Organizations perform business processes to achieve their goals. These business processes need to be executed within certain limits. These limits are defined by requirements from different sources. Some requirements are imposed by law, by the organizational policies, and by other sources such as norms and reference models. These requirements must be represented in a formal and structured notation called business rules. They are usually declared first in semi-formal sentences; sentences are then formalized, for example, in a suitable logical object as temporal logic or predicate logic.

To ensure that a process is in conformance with a particular business rule, its formalization must be implemented in a way that allows detecting if an execution violates the rule. It can be implemented via specific Process Mining algorithms related to business rules checking, such as LTL Checker, SCIFF Checker Plugin and Semantic LTL Checker.

For more information about business rules patterns, including the one available in ProM 5.2, see appendix G.

2.A.6 Examine Process Mining Results

Activity Description

Examination of Process Mining results, such as discovered process model, conformance checking results, business rules violation report, is an effective means to gain detailed insight about the implementation of practices or model components in the organizational unit. However, similarly to artifact review, without a clear focus on the data being sought, this activity can consume a great deal of time as team members sometimes attempt to apply many Process Mining algorithms and analyze everything in hopes that something useful will be discovered.

A Process Mining artifact is also an artifact (a type of objective evidence), which is a required component of a SCAMPI A and SCAMPI B appraisal in all usage modes. Objective evidence obtained from Process Mining results should be documented as per process 2.3, Document objective evidence, and verified as per process 2.4, Verify objective evidence.

Required Practices

The appraisal team member(s) performing the Process Mining analyst role shall do the following:

- (ABC) update the inventory of artifacts used as a source of objective evidence
- (ABC) review information obtained from Process Mining results and determine if it is acceptable as objective evidence
- (ABC) determine the model practices or model components corresponding to the objective evidence obtained from Process Mining

	<p>results</p> <ul style="list-style-type: none"> • (ABC) determine the portions of the organizational unit that correspond to the objective evidence obtained from Process Mining results • (ABC) review Process Mining results and determine the extent to which model practices or model components have been implemented in the organizational unit
Parameters and Limits	<p>(ABC) the appraisal team must evaluate the content of Process Mining results to determine how they support model practice or model component implementation.</p> <p>(ABC) This activity does not replace the activities in Section 2.2, Examine Objective Evidence.</p>
Implementation Guidance	<p>Results generated by an appraisal team using a Process Mining tool as an aid in understanding the organizational processes and implementation of model practices or components is a valid artifact supporting the implementation of a model practice or component. They are obtained from Process Mining artifacts.</p> <p>Typically, Process Mining artifacts are not generated by basic units and support functions like the traditional artifacts, such as documents. They reflect how the process, in a broader perspective, is actually being performed, including the presence/absence and sequence/parallelism of specific activities, their timestamps and executors. In this case, Process Mining artifacts also support the implementation of model practices and model components. A single Process Mining artifact, such as an event log, can reflect the implementation of one or more model practices or components</p> <p>Process Mining results reflecting the work being performed can take many forms including discovered process models (i.e. de facto models); conformance checking results, including the ones associated with the violation of business rules.</p> <p>It is recommended that the appraisal team evaluate objective evidence threads or sequences to better understand the extent of practice or model component implementation across multiple model practices, goals, or process areas. For this, Process Mining results can contribute a lot, since they reflect when and who performed an activity, and in which order. In other words, beyond the resulting artifact (and its content) from an activity, appraisal team members can also examine when and who performed such activity and which process have been followed.</p>

2.2 Examine Objective Evidence

2.2.1 Examine Objective Evidence from Artifacts

2.2.2 Examine Objective Evidence from Affirmations

2.3 Document Objective Evidence

2.3.1 Take/Review/Tag Notes

2.3.2 Record Presence/Absence of Objective Evidence

2.3.3 Document Model Component Implementation

- 2.3.4 Review and Update the Data Collection Plan
- 2.4.1 Verify Objective Evidence
- 2.4.2 Characterize Implementation of Model Practices and Generate Preliminary Findings
- 2.4 Verify Objective Evidence
- 2.5 Validate Preliminary Findings
- 2.5.1 Validate Preliminary Findings
- 2.6 Generate Appraisal Results
- 2.6.1 Derive Findings and Rate Goals
- 2.6.2 Determine Process Area Ratings
- 2.6.3 Determine Process Area Profile
- 2.6.4 Determine Maturity Level
- 2.6.5 Document Appraisal Results

3 Report Results

- 3.1 Deliver Appraisal Results
- 3.1.1 Deliver Final Findings
- 3.1.2 Conduct Executive Session(s)
- 3.1.3 Plan for Next Steps
- 3.2 Package and Archive Appraisal Assets
- 3.2.1 Collect Lessons Learned
- 3.2.2 Generate Appraisal Record
- 3.2.3 Provide Appraisal Feedback to the CMMI Institute
- 3.2.4 Archive and/or Dispose of Key Artifacts

4 Action Plan Reappraisal (Optional)

- 4.1 Action Plan Reappraisal
- 4.1.1 Plan Action Plan Reappraisal
- 4.1.2 Conduct Executive Session(s) Reappraisal
- 4.1.3 Report Action Plan Reappraisal

REFERENCES

CMMI INSTITUTE. **Standard CMMI® Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPISM) Version 1.3b: Method Definition Document for SCAMPI A, B, and C (SCAMPI MDD)**. 2014.

CHRISSIS, M; KONRAD, M.; SHRUM, S. **CMMI for development: guidelines for process integration and product improvement**. Pearson Education, 2011.

DE WEERDT et al. **A multi-dimensional quality assessment of state-of-the-art process discovery algorithms using real-life event logs.**" Information Systems 37, no. 7, 654-676. 2012.

RAMEZANI, E.; FAHLAND, D.; VAN DER AALST, W. **Where did i misbehave? diagnostic information in compliance checking.** In Business Process Management, pp. 262-278. Springer Berlin Heidelberg, 2012.

SAFE V1.2. **Safe v1.2: A Safety Extension to CMMI-DEV, V1.2**, Defence Materiel Organisation, Australian Department of Defence, March 2007, Software Engineering Institute, TECHNICAL NOTE CMU. SEI-2007-TN-006 <http://www.sei.cmu.edu/pub/documents/07.reports/07tn006.pdf>.

SIEMENS AG CORPORATE TECHNOLOGY. **Security by Design with CMMI for Development, Version 1.3: An Application Guide for Improving Processes for Secure Products**, Corporate Technology, Siemens AG, May 2013, Software Engineering Institute, TECHNICAL NOTE Clearmodel 2013-TN-01. <http://cmmiinstitute.com/resources/security-design-cmmi-development-version-13>.

VAN DER AALST, W. **Process mining: discovery, conformance and enhancement of business processes**. Springer Science & Business Media. 2011.

VAN DER AALST, W. et al. **Process mining manifesto**. Business process management workshops. Springer Berlin Heidelberg, 2012.

APPENDIX A - ACRONYMS

CM	Configuration Management
CMMI	Capability Maturity Model Integration
CMMI-ACQ	CMMI for Acquisition
CMMI-DEV	CMMI for Development
CMMI-SVC	CMMI for Services
DAR	Decision Analysis and Resolution
LTL	Linear Temporal Logic
MA	Measurement and Analysis
MDD	Method Definition Document
OPD	Organizational Process Definition
OPF	Organizational Process Focus
PI	Product Integration
PMC	Project Monitoring and Control
PMP	Program Management Plan
PP	Project Planning
PPQA	Process and Product Quality Assurance
QA	Quality Assurance
REQM	Requirements Management
RSKM	Risk Management
SCAMPI	Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement
VAL	Validation
VER	Verification

APPENDIX B – GLOSSARY

The glossary defines terms exclusively used in this document. Consult the following additional sources for terms and definitions supplementary to the “Process Mining Extension to SCAMPI” glossary:

- SCAMPI MDD V1.3b (CMMI INSTITUTE, 2014)
- Process Mining Manifesto (VAN DER AALST, W et al., 2012)

Term	Definition
<i>de Facto</i> (process) model	The process model that reflects the actual process being executed.
<i>de Jure</i> (process) model	The process model that reflects the expected behavior for a process.
Extension	Element of the extended method, clearly identified as text box in grey color, that describe considerations regarding Process Mining, as a new element or elaborating an existing element of original SCAMPI method.

APPENDIX C – TYPICAL QUESTIONS AND ASSOCIATE PROCESS MINING TECHNIQUES

Purpose: To provide an example of typical questions of an appraisal as well as the Process Mining techniques and Process Mining activity/business rule/perspective associate to them.

Typical question	Process Mining technique	Process Mining activity (and business rule category, or Process Mining perspective)
a) "To which degree the selected process instances followed every CMMI practice?" (this is the focus of GP 1.1, which requires the implementation of specific practices)	Conformance checking	Activity: Check
b) "To which degree the selected process instances followed the tailored processes for these instances?" (this is part of the focus of GP 3.1)	Conformance checking	Activity: Check
c) "The sequence, or parallelism, of the implementation of activities was respected?"	Conformance checking	Activity: Check (rule: precedence).
d) "The items of the organizational policy are being met?" (this is part of the focus of GP 2.1)	Business rules conformance checking	Activity: Check (rule: existence)
e) "Who are the executors of each activity?" "Are they the planned roles of executors, as per the organization's processes?" (this is part of the focus of GP 2.7)	Process discovery Conformance checking	Activity: Discovery (organizational perspective) Activity: Check (rule: existence)
(and due to statistical inference that sampling provides...)		
f) "What is the process actually performed in the organization?"	Process discovery	Activity: Discovery (<i>control-flow perspective</i>)
g) "To what extent the performed processes, in general, follow the CMMI practices?"	Conformance checking	Activity: Check
h) "To what extent the performed processes, in general, follow the process adapted to the process instances?"	Conformance checking	Activity: Compare
i) "To what extent the performed processes, in general, follow the standard process of the organization?"	Conformance checking	Activity: Compare

APPENDIX D – PROCESS MINING AND PROCESS AREAS OF CMMI-DEV v1.3

Purpose: To provide an analysis, using criteria (and scores Low-1; Medium-2; High-3), of the probability of a CMMI-DEV v1.3 Process Area to be examined using Process Mining.

<i>Process Area</i>	<i>Implementation via a standard organizational process</i>	<i>Execution supported by PAIS Process-Aware Information System</i>	<i>Event log exportation capability (when data is available)</i>	<i>S u m</i>	<i>Probability of using Process Mining to support examination of this process area specific practices implementation during an appraisal (assuming process area in scope of the appraisal)</i>
CAUSAL ANALYSIS AND RESOLUTION	3	3	3	9	High, since the implementation of practices under this process area typically is a consistent organizational process and supported by information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
CONFIGURATION MANAGEMENT	2	2	2	6	Medium, although the implementation of practices under this process typically requests information systems repositories, the entire configuration management process itself is not typically performed with the support of information system tools.
DECISION ANALYSIS AND RESOLUTION	2	1	2	5	Medium, although the implementation of practices under this process could demand information systems to evaluate decision alternatives, the decision-making process as a whole is not typically performed with the support of information system tools.
INTEGRATED PROJECT MANAGEMENT	3	1	2	6	Medium, although the implementation of practices under this process could demand information systems to monitor projects (through schedules and measures, for instance), the integrated project management process as a whole is not often performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
MEASUREMENT AND ANALYSIS	2	1	1	4	Low, although the implementation of practices under this process typically request information systems to collect and analyze measures, the process itself which involves measures definition as well, is not typically performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
ORGANIZATIONAL PROCESS DEFINITION	1	1	1	3	Low, although the implementation of practices under this process could demand information systems to accommodate process assets, such as guidelines and other types of documentation, the process itself which involves activities regarding creating and maintaining process assets, is not typically performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
ORGANIZATIONAL PROCESS FOCUS	2	1	2	5	Medium, although applicable and pertinent, this process, which involves process improvement opportunities identification, is not typically performed with the support of information system tools.

Process Area	Implementation via a standard organizational process	Execution supported by PAIS Process-Aware Information System	Event log exportation capability (when data is available)	S u m	Probability of using Process Mining to support examination of this process area specific practices implementation during an appraisal (assuming process area in scope of the appraisal)
ORGANIZATIONAL PERFORMANCE MANAGEMENT	1	1	2	4	Low, although applicable and pertinent, this process, which involves managing the performance of critical organization's processes, is not typically performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
ORGANIZATIONAL PROCESS PERFORMANCE	1	1	2	4	Low, although the implementation of practices under this process could demand information systems to accommodate process assets, such as process baselines and statistical models, the process itself which involves activities regarding creating and maintaining such process assets, is not typically performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
ORGANIZATIONAL TRAINING	2	2	2	6	Medium, since there are some ERP systems that supports the execution of activities of this process as well as the control of training records. Typically these tools have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
PRODUCT INTEGRATION	2	1	2	5	Medium, since product integration process is not often performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
PROJECT MONITORING AND CONTROL	3	2	2	7	Medium, although there are organizations that develop their own information system to support the project management process itself (i.e., beyond the use of project management tools such as MS-Project), it is not so often in the majority of organizations or they do not have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
PROJECT PLANNING	3	1	2	6	Medium, although there are organizations that develop their own information system to support the project management process itself (i.e., beyond the use of project management tools such as MS-Project), it is not so often in the majority of organizations or they do not have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
PROCESS AND PRODUCT QUALITY ASSURANCE	3	2	2	7	Medium, since many organizations (not all of them) use information systems to support entire quality assurance process, in special, the portion associated with conducting audits and addressing nonconformance. Some of these systems have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
QUANTITATIVE PROJECT MANAGEMENT	2	1	2	5	Medium, since quantitative project management process itself, which involves use of statistic analysis of project data, is not typically performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
REQUIREMENTS DEVELOPMENT	3	2	2	7	Medium, since there are some organizations that use a information system tool to support the requirement development. Some of these systems have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .

<i>Process Area</i>	<i>Implementation via a standard organizational process</i>	<i>Execution supported by PAIS Process-Aware Information System</i>	<i>Event log exportation capability (when data is available)</i>	<i>S u m Probability of using Process Mining to support examination of this process area specific practices implementation during an appraisal (assuming process area in scope of the appraisal)</i>
REQUIREMENTS MANAGEMENT	3	3	2	8 High, since many organizations use a information system tool to support the requirement management process. Some of these systems have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
RISK MANAGEMENT	2	1	1	4 Low, since risk management process is not typically performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
SUPPLIER AGREEMENT MANAGEMENT	2	1	1	4 Low, since supplier agreement management process is not typically performed with the support of information system tools with capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
TECHNICAL SOLUTION	3	2	1	6 Medium, since there are some organizations that use a information system tool to support software design and coding (in the case of a software development). Some of these systems have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
VALIDATION	2	2	2	6 Medium, since there are some organizations that use a information system tool to support demonstration, user acceptance testing and other types of validation activities. Some of these systems have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .
VERIFICATION	2	2	2	6 Medium, since there are some organizations that use a information system tool to support technical reviews, testing and other types of verification activities. Some of these systems have capabilities of exporting associated <i>event log</i> .

APPENDIX E – PROCESS MINING AND GENERIC PRACTICES OF CMMI

Purpose: To provide an analysis, using criteria (and scores Low-1, Medium-2, High-3), of the probability a CMMI Generic Practice being examined using Process Mining.

<i>Generic Practice</i>	<i>Statement</i>	<i>Characteristic of a process, when implemented</i>	<i>Data format as expected (when available)?</i>	<i>S u m</i>	<i>How Process Mining might support examination of implementation during an appraisal</i>
GP 1.1 Perform Specific Practices	Perform the specific practices of the process area to develop work products and provide services to achieve the specific goals of the process area.	3	2	5	<p>Technique:</p> <p>Discovery, since actual performed activities could be identified, as well as their order.</p> <p>Conformance, since current execution of processes could be compared with <i>de jure</i> model, model practices and business rules.</p> <p>Perspective:</p> <p>Control-flow perspective since activities being performed and their order could be identified.</p>
GP 2.1 Establish an Organizational Policy	Establish and maintain an organizational policy for planning and performing the process.	1	3	4	<p>Although this practice mainly addresses the establishment of organizational policies (i.e., documents), in an appraisal, policies are evaluated to verify if they are being followed.</p> <p>Technique:Conformance, since it can check (via business rules) whether policies are being followed.</p> <p>Perspective:Control-flow perspective, since activities being performed (as well their order) could be identified and checked against policies (via business rules).</p> <p>Organizational perspective, since policies could prescribe who should or should not perform an activity.</p> <p>Case/Data perspective, since policies could prescribe criteria or decision points which constrain an activity (e.g. who/when/how).</p> <p>Time perspective, since policies could prescribe situations regarding frequency or duration of activities.</p>
GP 2.2 Plan the Process	Establish and maintain the plan for performing the process.	1	1	2	<p>No major contribution since the practice is typically implemented by artifacts such as a plan and a process description and hence, not the focus of Process Mining capabilities.</p>

Generic Practice	Statement	Characteristic of a process, when implemented	Data format as expected (when available)?	S u m	How Process Mining might support examination of implementation during an appraisal
GP 2.3 Provide Resources	Provide adequate resources for performing the process, developing the work products, and providing the services of the process.	1	3	4	<p>Although this practice involves other resources than people, there are opportunities to use process mining to obtain details regarding the provision of adequate human resources for performing the work.</p> <p>Technique:</p> <p>Discovery, since it can also discovery who is performing the work and with which profile.</p> <p>Conformance, since it can check (via business rules) whether human resources are being adequately provided.</p> <p>Perspective:</p> <p>Organizational perspective, since it typically discover who (and/or profile) is performing the work.</p>
GP 2.4 Assign Responsibility	Assign responsibility and authority for performing the process, developing the work products, and providing the services of the process.	1	3	4	<p>Although this practice involves assigning responsibilities and authority, there are opportunities to use process mining to obtain details regarding the actual assignment of responsibility and authority for those performing the work.</p> <p>Technique:</p> <p>Discovery, since it can also discover who (and/or profile) is performing the work.</p> <p>Conformance, since it can check (via business rules) whether the work is being performed by the correct assigned human resource.</p> <p>Perspective:</p> <p>Organizational perspective, since it typically discovers who (and/or profile) is performing the work.</p>
GP 2.5 Train People	Train the people performing or supporting the process as needed.	2	1	3	No major contribution since this practice addresses training and hence, not the focus of Process Mining capabilities.
GP 2.6 Control Work Products	Place selected work products of the process under appropriate levels of control.	1	1	2	No major contribution since this addresses version control of work products and hence, not the focus of Process Mining capabilities.

<i>Generic Practice</i>	<i>Statement</i>	<i>Characteristic of a process, when implemented</i>	<i>Data format as expected (when available)?</i>	<i>S u m</i>	<i>How Process Mining might support examination of implementation during an appraisal</i>
GP 2.7 Identify and Involve Relevant Stakeholders	Identify and involve the relevant stakeholders of the process as planned.	1	3	4	<p>Although this practice also the identification of relevant stakeholders, there are opportunities to use process mining to obtain details regarding the actual involvement of those performing the work and compare them with the planned ones.</p> <p>Technique:</p> <p>Discovery, since it can also discover who (and/or profile) is performing the work.</p> <p>Conformance, since it can check (via business rules) whether the work is being performed by the planned relevant stakeholders.</p> <p>Perspective:</p> <p>Organizational perspective, since it typically discovers who (and/or profile) is performing the work.</p>
GP 2.8 Monitor and Control the Process	Monitor and control the process against the plan for performing the process and take appropriate corrective action.	2	1	3	<p>No major contribution since Process Mining aspects, such as time perspective, could be applied in order to implement this practice, but not to verify it in an appraisal.</p>
GP 2.9 Objectively Evaluate Adherence	Objectively evaluate adherence of the process and selected work products against the process description, standards, and procedures, and address noncompliance.	2	2	4	<p>Although this practice also the has a component that are the work products, there are opportunities to use process mining to obtain details regarding the actual process being performed. In this sense, Process Mining might be used to add rigor to the implementation of process quality assurance (perhaps enhancing or replacing manual "audits"), and, hence, be also examined by Process Mining in an appraisal. If this is not the case, benefit of using Process Mining to examine it will be similar to other processes with same characteristics.</p> <p>Technique:</p> <p>Discovery, since actual process being performed could be identified.</p> <p>Conformance, since current execution of processes could be compared with de jure model, model practices and business rules.</p> <p>Perspective:</p> <p>Control-flow perspective since actual processes being performed could be identified.</p> <p>Case/Data perspective since it reflects individual characteristics of each process instance being performed.</p>

Generic Practice	Statement	Characteristic of a process, when implemented	Data format as expected (when available)?	S u m	How Process Mining might support examination of implementation during an appraisal
GP 2.10 Review Status with Higher Level Management	Review the activities, status, and results of the process with higher level management and resolve issues.	2	1	3	No major contribution since this practice addresses senior management review of results and artifacts, and hence not the focus of Process Mining capabilities.
GP 3.1 Establish a Defined Process	Establish and maintain the description of a defined process.	1	3	4	<p>Although this practice mainly addresses the definition of the process to be followed, there is a component on it regarding the use of the identified process. This use is a relevant aspect verified during appraisals.</p> <p>Technique:</p> <p>Discovery, since it discovers the current process being performed.</p> <p>Conformance, since <i>de facto</i> and <i>de jure</i> models could be compared.</p> <p>Perspective:</p> <p>Control-flow perspective since it reflects aspects (such as which activities and in which order) of processes being currently performed.</p> <p>Case/Data perspective since it reflects individual characteristics of each process instance being performed.</p>
GP 3.2 Collect Process Related Experiences	Collect process related experiences derived from planning and performing the process to support the future use and improvement of the organization's processes and process assets.	1	1	2	No major contribution since all Process Mining aspects, especially enhancement technique, could be applied in order to implement this practice, but not to verify it in an appraisal.

APPENDIX F – PROCESS MINING TECHNIQUES AND ASSOCIATE ALGORITHMS

Purpose: To describe the main Process Mining techniques applicable to SCAMPI appraisals, as well as some associate algorithms and their outcome.

Technique	Purpose	Algorithm	Outcome
Process Discovery	To discover the actual process being performed (i.e. <i>de Facto</i> Model).	Alpha miner	Petri Net
		Alpha++ miner	Petri Net
		Evolutionary Tree Miner	Process Tree
		Fuzzy miner	Fuzzy Model
		Genetic Miner	Heuristic Net
		Heuristic miner	Heuristic Net
		ILP miner	Petri Net
		Inductive Miner	Petri Net or Process Tree
		Multi-phase	Event-driven Process Chain (EPC)
		Organizational Miner	Organizational Model
		Role Hierarchy Miner	Role Hierarchy Model
		Social Network Miner	Similar-Task/ Handover-of-Work/ Subcontracting/ Working Together/ Reassignment
Conformance Checking	To check if reality, as recorded in the log, conforms to the model and vice versa. The comparison shows where the real process deviates from the modeled process.	Conformance Checker	Report regarding how much a log matches a model and points of discrepancy
		Graph Matching Analysis, Differences Analysis and Footprint Similarity algorithms	Report regarding how similar are two process models.
Business Rules Conformance Checking	To check whether some business process is performed as it is intended, i.e. in conformance with certain rules and to get detailed information about the violations of such rules	LTL Checker; SCIFF Checker	report regarding if certain properties (business rules) hold in a log

APPENDIX G – BUSINESS RULES PATTERNS

Purpose: To provide a reference in terms of business rules categories. Adapted from (RAMEZANI, Elham, FAHLAND, Dirk and VAN DER AALST, Wil, 2012)

Business category	Rule	Description
<i>Existence</i>		Limits the occurrence or absence of a given event A within a scope.
<i>Bounded existence</i>		Limits the number of times a given event A must or must not occur within a scope.
<i>Bounded sequence</i>		Limits the number of times a given sequence of events must or must not occur within a scope.
<i>Parallel</i>		A specific set of events should occur in parallel within a scope.
<i>Precedence</i>		Limits the occurrence of a given event A in precedence over a given event B.
<i>Precedence chain</i>		Limits the occurrence of a sequence of events A1,...,An over a sequence of events B1,...,Bn.
<i>Response</i>		Limits the occurrence of a given event B in response to a given event A.
<i>Chain response</i>		Limits the occurrence of a sequence of events B1,...,Bn in response to a sequence of events A1,...,An.
<i>Between</i>		Limits the occurrence of a given event B between a sequence of events A and C.
<i>Exclusive</i>		Presence of a given event A mandates the absence of an event B.
<i>Mutual exclusive</i>		Either a given event A or event B must exist but not none of them or both.
<i>Inclusive</i>		Presence of a given event A mandates that event B is also present.
<i>Prerequisite</i>		Absence of a given event A mandates that event B is also absent.
<i>Substitute</i>		A given event B substitutes the absence of event A.
<i>Corequisite</i>		Either given events A and B should exist together or to be absent together.

Purpose: To provide a reference in terms of business rules available in LTL Checker algorithm at ProM 5.2

Business rule formula	Description
<i>Activity_A_is_done_by_person_P_and_Q</i>	<i>Is activity A done by person P and by person Q?</i>
<i>Always_between_time_T_and_U</i>	<i>Always the timestamp is between T and U</i>
<i>Always_when_A_then_eventually_B</i>	<i>If activity A occurs, does activity B occur after activity A occurred?</i>
<i>At_least_num_similar_instances</i>	<i>Does the PI have at least N similar instances?</i>
<i>Does_person_P_the_first_state</i>	<i>Is the activity of the first state done by person P?</i>
<i>Does_person_P_the_last_state</i>	<i>Is the activity of the last state done by person P?</i>
<i>Does_person_P_the_second_last_state</i>	<i>Is the activity of the second last state done by person P?</i>
<i>Does_person_P_the_second_state</i>	<i>Is the activity of the second state done by person P?</i>
<i>Does_person_P_the_third_last_state</i>	<i>Is the activity of the third last state done by person P?</i>
<i>Does_person_P_the_third_state</i>	<i>Is the activity of the third state done by person P?</i>
<i>Eventually_activity_A</i>	<i>Does activity A occur?</i>
<i>Eventually_activity_A_and_eventually_B</i>	<i>Does activity B occur and A too?</i>
<i>Eventually_activity_A_next_B</i>	<i>Does activity B occur after activity A occur?</i>

<i>Eventually_activity_A_next_B_next_C</i>	<i>Does activity C occur after activity B occur after activity A occur?</i>
<i>Eventually_activity_A_or_eventually_B</i>	<i>Does activity B occur or A?</i>
<i>Eventually_activity_A_then_B</i>	<i>Does activity B occur after activity A occur?</i>
<i>Eventually_activity_A_then_B_then_C</i>	<i>Does activity C occur after activity B occur after activity A occur?</i>
<i>Eventually_after_time_T</i>	<i>Eventually a state after or equal time T</i>
<i>Eventually_before_time_T</i>	<i>Eventually a state before or equal time T</i>
<i>Eventually_event_E</i>	<i>Does the event E eventually occur?</i>
<i>Eventually_event_E_and_F</i>	<i>Does the event E eventually occur and F too?</i>
<i>Eventually_event_E_or_F</i>	<i>Does the event E eventually occur or F?</i>
<i>Eventually_person_P</i>	<i>Does person P something?</i>
<i>Eventually_person_P_and_eventually_person_Q</i>	<i>Does person P and Q eventually something?</i>
<i>Eventually_person_P_next_Q</i>	<i>Does person Q occur after person P occur?</i>
<i>Eventually_person_P_next_Q_next_R</i>	<i>Does person R occur after person Q occur after person P occur?</i>
<i>Eventually_person_P_or_eventually_person_Q</i>	<i>Does person P or Q eventually something?</i>
<i>Eventually_person_P_then_Q</i>	<i>Does person Q occur after person P occur?</i>
<i>Eventually_person_P_then_Q_then_R</i>	<i>Does person R occur after person Q occur after person P occur?</i>
<i>Exists_activity_A_done_by_two_different_persons</i>	<i>Is there an activity A done by two different persons?</i>
<i>Exists_activity_done_by_two_different_persons</i>	<i>Is there an activity done by two different persons?</i>
<i>Exists_activity_done_two_times</i>	<i>Does an activity exists which is done two times after each other?</i>
<i>Exists_person_doing_task_A_and_B</i>	<i>Is there a person doing task A and B?</i>
<i>Exists_person_doing_two_different_activities</i>	<i>Is there a person doing two different activities?</i>
<i>First_state_event_F</i>	<i>Is the event of the first state E?</i>
<i>Forall_activities_always_event_E_implies_eventually_event_F</i>	<i>Hold for all activities that if event E occurs, then eventually event F occurs too</i>
<i>Forall_activities_and_persons_allways_event_E_implies_eventually_event_F</i>	<i>Hold for all activities and persons that if event E occurs, then eventually event F occurs too</i>
<i>Is_activity_of_first_state_A</i>	<i>Is the activity of the first state equal to A?</i>
<i>Is_activity_of_last_state_A</i>	<i>Is the activity of the last state equal to A?</i>
<i>Is_activity_of_second_last_state_A</i>	<i>Is the activity of the second last state equal to A?</i>
<i>Is_activity_of_second_state_A</i>	<i>Is the activity of the second state equal to A?</i>
<i>Is_activity_of_third_last_state_A</i>	<i>Is the activity of the third last state equal to A?</i>
<i>Is_activity_of_third_state_A</i>	<i>Is the activity of the third state equal to A?</i>
<i>Last_state_event_E</i>	<i>Is the event of the last state E?</i>
<i>Person_P_does_activity_A</i>	<i>Does person P activity of activity A?</i>
<i>Person_P_does_activity_A_and_B</i>	<i>Does person P activity of activity A and of B?</i>
<i>Person_P_does_activity_A_and_then_B</i>	<i>Does person P activity of activity A and then B?</i>
<i>Person_P_does_activity_A_and_then_eventually_B</i>	<i>Does person P activity of activity A and then sometime B?</i>
<i>Second_last_state_event_E</i>	<i>Is the event of the second last state E?</i>
<i>Second_state_event_E</i>	<i>Is the event of the second state E?</i>
<i>Third_last_state_event_E</i>	<i>Is the event of the third last state E?</i>
<i>Third_state_event_E</i>	<i>Is the event of the third state E?</i>

Purpose: To provide a reference in terms of business rules available in SCIFF Checker plugin at ProM 5.2

Business rule formula	Description
<i>Existence rules</i>	
<i>Basic Existence Templates</i>	
<i>Existence of activity A</i>	<i>activity A should be performed</i>
<i>Existence of N executions of activity A</i>	<i>activity A should be performed 2 times</i>
<i>Absence of activity A</i>	<i>IF activity A is performed THEN false</i>
<i>At most N-1 executions of activity A</i>	<i>IF activity A is performed 2 times THEN false</i>
<i>IF..THEN rules</i>	
<i>Basic IF...THEN Templates</i>	
<i>If activity A then activity B</i>	<i>IF activity A is performed THEN activity B should be performed</i>
<i>If activity A then activity B or C</i>	<i>IF activity A is performed THEN activity B should be performed or activity C should be performed</i>
<i>If activity A then activity B or C or D</i>	<i>IF activity A is performed THEN activity B should be performed or activity C should be performed or activity D should be performed</i>
<i>If activities A and B then activity C</i>	<i>IF activity A is performed and activity B is performed THEN activity C should be performed</i>
<i>If activities A and B and C then activity D</i>	<i>IF activity A is performed and activity B is performed and activity C is performed THEN activity D should be performed</i>
<i>If activities A and B then activity C or D</i>	<i>IF activity A is performed and activity B is performed THEN activity C should be performed or activity D should be performed</i>
<i>If activity A N times then activity B</i>	<i>IF activity A is performed 2 times THEN activity B should be performed</i>
<i>If activity A then activity B N times</i>	<i>IF activity A is performed THEN activity B should be performed 2 times</i>
<i>Timed IF...THEN Templates</i>	
<i>Response rules</i>	
<i>Activity B after activity A</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A THEN activity B should be performed at time T_B having T_B after T_A</i>
<i>Activity B or C after activity A</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A THEN activity B should be performed at time T_B having T_B after T_A Or activity C should be performed at time T_C having T_C after T_A</i>
<i>Activity C after activity A and B</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A and activity B is performed at time T_B THEN activity C should be performed at time T_C having T_C after T_A And T_C after T_B</i>
<i>Activity B after N occurrences of activity A</i>	<i>IF activity A is performed 2 times ending at time Tcompletion_A THEN activity B should be performed at time T_B having T_B after Tcompletion_A</i>
<i>N repetitions of activity B after activity A</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A THEN activity B should be performed 2 times starting at time Tstart_B having Tstart_B after T_A</i>
<i>Precendence rules</i>	
<i>Activity B before activity A</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A THEN activity B should be performed at time T_B having T_B before T_A</i>
<i>Activity B or C before activity A</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A THEN activity B should be performed at time T_B having T_B before T_A or activity C should be performed at time T_C having T_C after T_A</i>
<i>Activity C before activity A and B</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A and activity B is performed at time T_B THEN activity C should be performed at time T_C having T_C after T_A And T_C after T_B</i>
<i>Activity B before N occurrences of activity A</i>	<i>IF activity A is performed 2 times starting at time Tstart_A THEN activity B should be performed at time T_B having T_B before Tstart_A</i>

<i>N repetitions of activity B before activity A</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A THEN activity B should be performed 2 times ending at time T_{completion_B} having T_{completion_B} before T_A</i>
<i>Activity C between activity A and B</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A and activity B is performed at time T_B THEN activity C should be performed at time T_C having T_C after T_A And T_C before T_B</i>
<i>IF...THEN NOT rules</i>	
<i>Basic IF...THEN NOT rules</i>	
<i>If activity A then activity B is forbidden</i>	<i>IF activity A is performed THEN activity B should NOT be performed</i>
<i>If activity A then activity B or C</i>	<i>IF activity A is performed THEN activity B should be performed or activity C should be performed</i>
<i>If activity A then activity B or C or D</i>	<i>IF activity A is performed THEN activity B should be performed or activity C should be performed or activity D should be performed</i>
<i>If activities A and B then activity C</i>	<i>IF activity A is performed and activity B is performed THEN activity C should be performed</i>
<i>If activities A and B and C then activity D</i>	<i>IF activity A is performed and activity B is performed and activity C is performed THEN activity D should be performed</i>
<i>If activities A and B then activity C or D</i>	<i>IF activity A is performed and activity B is performed THEN activity C should be performed or activity D should be performed</i>
<i>If activity A N times then activity</i>	<i>IF activity A is performed 2 times THEN activity B should be performed</i>
<i>If activity A then activity B N times</i>	<i>IF activity A is performed THEN activity B should be performed 2 times</i>
<i>Timed IF...THEN Templates</i>	
<i>Response rules</i>	
<i>Activity B after activity A</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A THEN activity B should be performed at time T_B having T_B after T_A</i>
<i>Activity B or C after activity A</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A THEN activity B should be performed at time T_B having T_B after T_A Or activity C should be performed at time T_C having T_C after T_A</i>
<i>Activity C after activity A and B</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A and activity B is performed at time T_B THEN activity C should be performed at time T_C having T_C after T_A And T_C after T_B</i>
<i>Activity B after N occurrences of activity A</i>	<i>IF activity A is performed 2 times ending at time T_{completion_A} THEN activity B should be performed at time T_B having T_B after T_{completion_A}</i>
<i>N repetitions of activity B after activity A</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A THEN activity B should be performed 2 times starting at time T_{start_B} having T_{start_B} after T_A</i>
<i>Precedence rules</i>	
<i>Activity B before activity A</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A THEN activity B should be performed at time T_B having T_B before T_A</i>
<i>Activity B or C before activity A</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A THEN activity B should be performed at time T_B having T_B before T_A Or activity C should be performed at time T_C having T_C after T_A</i>
<i>Activity C before activity A and B</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A and activity B is performed at time T_B THEN activity C should be performed at time T_C having T_C after T_A And T_C after T_B</i>
<i>Activity B before N occurrences of activity A</i>	<i>IF activity A is performed 2 times starting at time T_{start_A} THEN activity B should be performed at time T_B having T_B before T_{start_A}</i>
<i>N repetitions of activity B before activity A</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A THEN activity B should be performed 2 times ending at time T_{completion_B} having T_{completion_B} before T_A</i>
<i>Activity C between activity A and B</i>	<i>IF activity A is performed at time T_A and activity B is performed at time T_B THEN activity C should be performed at time T_C having T_C after T_A And T_C before T_B</i>
<i>Four-eyes principle</i>	<i>IF activity A is performed by O_A THEN activity B should NOT be performed by O_B having O_B equal to O_A</i>