UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

MARINA MACEDO NUNES

**Medição de similaridade entre modelos de processo de negócio: uma
abordagem estrutural multinível para modelos BPMN**

São Paulo

2019

MARINA MACEDO NUNES

**Medição de similaridade entre modelos de processo de negócio: uma
abordagem estrutural multinível para modelos BPMN**

Dissertação apresentada à Escola de Artes,
Ciências e Humanidades da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de Mestre
em Ciências pelo Programa de Pós-graduação
em Sistemas de Informação.

Área de concentração: Metodologia e
Técnicas da Computação

Versão corrigida contendo as alterações
solicitadas pela comissão julgadora em 17 de
outubro de 2019. A versão original encontra-
se em acervo reservado na Biblioteca da
EACH-USP e na Biblioteca Digital de Teses
e Dissertações da USP (BDTD), de acordo
com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de
outubro de 2011.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Fantinato

São Paulo

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)

CRB 8 - 4936

Nunes, Marina Macedo

Medição de similaridade entre modelos de processo de negócio:
uma abordagem estrutural multinível para modelos BPMN / Marina
Macedo Nunes ; orientador, Marcelo Fantinato. – 2019.

83 f : il

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-
Graduação em Sistemas de Informação, Escola de Artes,
Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo.

Versão corrigida

1. Negócios - Processos; Gerenciamento. 2. Sistemas de
Informação. 3. Análise multinível. I. Fantinato, Marcelo, orient.
II. Título

CDD 22.ed.– 658.4063

Dissertação de autoria de Marina Macedo Nunes, sob o título “**Medição de similaridade entre modelos de processo de negócio: uma abordagem estrutural multinível para modelos BPMN**”, apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Sistemas de Informação, na área de concentração Metodologia e Técnicas da Computação, aprovada em 17 de outubro de 2019 pela comissão julgadora constituída pelos doutores:

Prof. Dr. Marcelo Fantinato

Universidade de São Paulo

Presidente

Profa. Dra. Maria Istela Cagnin

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Profa. Dra. Flávia Maria Santoro

Universidade Federal do Rio de Janeiro

À Deus, pelo infinito amor e cuidado. A minha família e amigos que estiveram ao meu lado e foram meu alicerce nesta jornada.

Agradecimentos

A Deus, que é o meu guia, ilumina os meus caminhos e é o meu refúgio. A Nossa Senhora Aparecida, minha querida mãe, que me cobre com o seu manto e sempre intercede ao Pai por mim.

Aos meus pais, Antonio e Áurea, e aos meus irmãos, André e Mariane, que sempre acreditaram em mim e não pediram esforços para que eu chegasse até aqui. Muito obrigada por tudo e por tanto! Ao meu sobrinho, Caetano, que chegou para iluminar e alegrar os meus dias. Ao meu avô, meus tios, em especial Dinha e tio Toninho, e aos meus padrinhos, Gilda e Geraldo, por tanto carinho e pelas orações.

A família Lages que me acolheu tão bem. A Aline, Isabela e Lorenzo, por tanto carinho, cuidado e por se tornarem a minha segunda família. A tia Rochinha, tia Dú, Odair, Mila, Edner, Guel, Romeu e Didi, por todos os bons momentos compartilhados. Serei eternamente grata a vocês.

Ao Gabriel, que se fez porto seguro e que com o seu amor, cuidado e paciência, sempre me mostra que eu posso ir além. Você me inspira e me orgulha. Te amo muito!

Aos meus queridos amigos, que se fizeram presentes apesar da distância. Ao Marcelo, que sempre foi ombro amigo e escutou as minhas aflições. A Maira, Tati e Paiva pela companhia virtual diária.

Ao meu orientador, professor Dr. Marcelo Fantinato, pelos seus ensinamentos e por contribuir para o meu desenvolvimento pessoal e acadêmico. Ao Leandro, Rodrigo e Wesley que foram os meus companheiros de disciplina. Aos companheiros do SAEG, em especial Otávio e Williane, que tornaram a caminhada mais leve.

Por fim, agradeço à CAPES. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Scientia vincet”

Lema da Universidade de São Paulo

Resumo

NUNES, Marina Macedo. **Medição de similaridade entre modelos de processo de negócio**: uma abordagem estrutural multinível para modelos BPMN. 2019. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019

Com o crescimento da área de Gerenciamento de Processos de Negócio, medir a similaridade entre modelos de processo de negócio se tornou requisito básico. A atividade de medir a similaridade entre modelos de processo tem vários objetivos, entre eles, a verificação de conformidade entre um modelo de processo e o seu modelo de referência e a busca por modelos similares em repositórios de modelos de processo. Para medir a similaridade pode-se levar em consideração aspectos como a estrutura gráfica do modelo, a linguagem natural utilizada nos rótulos e o comportamento do modelo. No que se refere a subprocessos, tratamentos mais apropriados a esse elemento por técnicas de similaridade podem fornecer às partes interessadas uma visão melhorada dos resultados, bem como capacitá-los a definir quais níveis de processos são mais importantes para medir similaridade. Tendo em vista esse contexto, este trabalho propõe uma técnica de similaridade estrutural projetada para o BPMN 2.0 considerando múltiplos níveis de subprocessos. Foi escolhido focar na semelhança estrutural, pois ela é mais sensível aos tipos de elementos e regras de sintaxe que diferenciam o BPMN de outras notações de modelagem. A técnica do presente trabalho foi estendida de uma técnica de similaridade genérica que se baseia em assinaturas vetoriais por causa de sua capacidade de expansão e adaptabilidade a contextos maiores e seu potencial para melhor eficiência. A técnica foi avaliada e os resultados obtidos por ela foram comparados com os resultados obtidos por usuários especialistas. Pode-se notar que a técnica aqui proposta consegue identificar os elementos BPMN a que ela se propôs identificar e que o fator de ponderação se faz útil para diferenciar o valor de similaridade dos modelos levando em consideração os seus múltiplos níveis.

Palavras-chaves: processos de negócio, gestão de processos de negócio, similaridade de modelos, similaridade estrutural.

Abstract

NUNES, Marina Macedo. **Similarity measurement between business process models:** a multilevel structural approach to BPMN models. 2019. 83 p. Dissertation (Master of Science) – School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2019.

With the growth of the Business Process Management area, measuring similarity between business process models has become a basic requirement. The activity of measuring similarity between process models has several objectives, including checking compliance between a process model and its reference model and searching for similar models in process model repositories. To measure similarity one can take into consideration aspects such as the graphic structure of the model, the natural language used in the labels and the behavior of the model. With regard to subprocesses, more appropriate treatments of this element by similarity techniques can provide stakeholders with an improved view of the outcomes as well as enable them to define which process levels are most important for measuring similarity. Given this context, this work proposes a structural similarity technique designed for BPMN 2.0 considering multiple levels of subprocesses. We chose to focus on structural similarity because it is more sensitive to the element types and syntax rules that differentiate BPMN from other modeling notations. The technique of the present work was extended from a generic similarity technique that is based on vector signatures because of its expandability and adaptability to larger contexts and its potential for better efficiency. The technique was evaluated and the results obtained by it were compared with the results obtained by expert users. It can be noted that the technique proposed here can identify the BPMN elements it is intended to identify and that the weighting factor is useful for differentiating the similarity value of the models by taking into account their multiple levels.

Keywords: business processes, business process management, model similarity, structural similarity.

Lista de figuras

Figura 1 – Elementos BPMN.	22
Figura 2 – Objetivos associados à medição da similaridade entre modelos de processo de negócio.	23
Figura 3 – Dimensões das medidas de similaridade.	24
Figura 4 – Modelos de processo de negócio exemplificando as diferentes dimensões de similaridade.	26
Figura 5 – Lista completa de atividades de BPMN 2.0 e as atividades selecionadas.	32
Figura 6 – Lista completa de <i>gateways</i> de BPMN 2.0 e os <i>gateways</i> selecionados. .	33
Figura 7 – Lista completa dos eventos de BPMN 2.0 e os eventos selecionados. . .	34
Figura 8 – Exemplo de subprocessos expandidos em dois subníveis.	35
Figura 9 – Exemplo do conjunto de caminhos decompostos.	35
Figura 10 – Estrutura de assinatura vetorial, considerando a KT-Sim.	36
Figura 11 – Exemplo de um caminho e sua assinatura vetorial correspondente, com atividades e <i>gateways</i> paralelos, conforme padrão da KT-Sim.	37
Figura 12 – Exemplo de um caminho e sua assinatura vetorial correspondente, com elementos BPMN presentes em nossa técnica.	39
Figura 13 – Exemplo de um caminho e sua assinatura vetorial correspondente para realizar a comparação entre caminhos.	41
Figura 14 – Modelos A e B.	41
Figura 15 – Correspondência entre os caminhos dos modelos A e B.	42
Figura 16 – Matriz de semelhanças estruturais entre pares de caminhos.	42
Figura 17 – Maiores valores de similaridades entre os pares de caminhos.	43
Figura 18 – Exemplo de modelo de processo com subprocessos recolhidos.	45
Figura 19 – Exemplo de um modelo de processo com subprocessos expandidos. . . .	45
Figura 20 – Representação da relação entre subprocessos a ser comparada para o cálculo da similaridade estrutural multinível entre dois modelos de processos. Suponha que os valores de similaridade mostrados foram calculados seguindo os procedimentos aqui propostos.	46
Figura 21 – Protótipo da extensão da KT-Sim.	50
Figura 22 – Área de atuação dos usuários especialistas.	55

Figura 23 – Conhecimento dos usuários especialistas na notação BPMN.	55
Figura 24 – Modelo 1.	66
Figura 25 – Modelo 1A.	66
Figura 26 – Modelo 1B.	66
Figura 27 – Modelo 1C.	66
Figura 28 – Modelo 1D.	67
Figura 29 – Modelo 2.	67
Figura 30 – Modelo 2A.	67
Figura 31 – Modelo 2B.	68
Figura 32 – Modelo 2C.	68
Figura 33 – Modelo 3.	68
Figura 34 – Modelo 3A.	68
Figura 35 – Modelo 3B.	69
Figura 36 – Modelo 3C.	69
Figura 37 – Modelo 3D.	69
Figura 38 – Modelo 4.	69
Figura 39 – Modelo 4A.	70
Figura 40 – Modelo 4B.	70
Figura 41 – Modelo 4C.	70
Figura 42 – Modelo 4D.	70
Figura 43 – Modelo 5.	70
Figura 44 – Modelo 5A.	71
Figura 45 – Modelo 5B.	71
Figura 46 – Modelo 5C.	71
Figura 47 – Modelo 5D.	71
Figura 48 – Modelo 6.	72
Figura 49 – Modelo 6A.	72
Figura 50 – Modelo 6B.	72
Figura 51 – Modelo 6C.	72
Figura 52 – Modelo 6D.	73
Figura 53 – Modelo 7.	73
Figura 54 – Modelo 7A.	73
Figura 55 – Modelo 7B.	73

Figura 56 – Modelo 7C.	73
Figura 57 – Modelo 8.	74
Figura 58 – Modelo 8A.	74
Figura 59 – Modelo 8B.	75
Figura 60 – Modelo 8C.	75
Figura 61 – Modelo 9.	76
Figura 62 – Modelo 9A.	76
Figura 63 – Modelo 9B.	77
Figura 64 – Modelo 9C.	77
Figura 65 – Modelo 9.	78
Figura 66 – Modelo 10.	78
Figura 67 – Modelo 10A.	79
Figura 68 – Modelo 10B.	79
Figura 69 – Modelo 10C.	80
Figura 70 – Modelo 10D.	80

Lista de algoritmos

Algoritmo 1 – Algoritmo da extensão da KT-Sim	44
---	----

Lista de tabelas

Tabela 1 – Comparação entre os trabalhos relacionados	29
Tabela 2 – Ordem dos elementos BPMN na assinatura vetorial na extensão da KT-Sim	38
Tabela 3 – Modelos de processo de negócio utilizados no experimento.	52
Tabela 4 – Pesos atribuídos para cada nível.	56
Tabela 5 – <i>Ranking</i> para o fator de ponderação = -1,5.	56
Tabela 6 – <i>Ranking</i> para o fator de ponderação = 0.	57
Tabela 7 – <i>Ranking</i> para o fator de ponderação = 1.	57
Tabela 8 – <i>Ranking</i> para o fator de ponderação = 2.	57
Tabela 9 – <i>Ranking</i> da avaliação dos especialistas.	57

Lista de abreviaturas e siglas

BPM	Business Process Management
BPMN	Business Process Model and Notation
EPC	Event-Driven Process Chain
OMG	Object Management Group
UML	Unified Modeling Language

Sumário

1	Introdução	17
1.1	<i>Objetivos</i>	18
1.2	<i>Método de pesquisa</i>	19
1.3	<i>Estrutura do documento</i>	20
2	Fundamentação teórica	21
2.1	<i>BPMN - Business Process Model and Notation</i>	21
2.2	<i>Similaridade entre modelos de processo de negócio</i>	23
2.3	<i>Técnica de similaridade de Kacimi e Tari</i>	26
3	Trabalhos relacionados	28
4	Medição de similaridade estrutural com assinaturas vetoriais .	31
4.1	<i>Lendo os modelos de processo</i>	34
4.2	<i>Decompondo caminhos de modelo de processo</i>	35
4.3	<i>Criando assinaturas vetoriais</i>	36
4.4	<i>Calculando a similaridade entre pares de caminhos</i>	39
4.5	<i>Calculando a similaridade estrutural</i>	42
4.6	<i>Algoritmo da abordagem</i>	43
5	Similaridade estrutural multinível entre modelos de processos hierárquicos	45
5.1	<i>Identificar subprocessos não vazios e expandidos</i>	47
5.2	<i>Calcular a similaridade estrutural entre pares de subprocessos</i>	47
5.3	<i>Criar uma matriz de similaridades estruturais entre pares de subprocessos</i>	47
5.4	<i>Calcular a similaridade estrutural parcial para o Nível l</i>	47
5.5	<i>Iterativamente calcular a similaridade com os níveis inferiores</i>	48
6	Avaliação	50
6.1	<i>Protótipo da extensão da KT-Sim</i>	50
6.2	<i>Experimento</i>	51
6.2.1	<i>Planejamento do experimento</i>	51

6.2.2	Execução do experimento	54
6.3	<i>Resultados</i>	56
6.4	<i>Ameaças à validade</i>	59
6.4.1	Ameaças à validade interna	59
6.4.2	Ameaças à validade externa	59
6.4.3	Ameaças à validade de construção	59
7	Conclusão	60
7.1	<i>Limitações</i>	61
7.2	<i>Trabalhos futuros</i>	61
	Referências¹	62
	 APÊNDICES	 65
	Apêndice A – Modelos de processo de negócio utilizados no experimento de avaliação da expansão da KT- Sim	66
	 ANEXOS	 81
	Anexo A – Poster da notação BPMN 2.0	82

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

1 Introdução

As organizações podem querer comparar modelos de processo para identificar semelhanças e diferenças operacionais por diferentes razões (WANG *et al.*, 2010; WEIDLICH; DIJKMAN; MENDLING, 2010; THALER *et al.*, 2016). Por exemplo, quando as organizações se fundem, elas precisam determinar e resolver as diferenças entre seus processos de negócios (WEIDLICH; DIJKMAN; MENDLING, 2010). Uma organização também pode verificar se seus processos de negócios estão em conformidade com o padrão de uma organização ou com um padrão do setor (WEIDLICH; DIJKMAN; MENDLING, 2010). Além disso, as medidas de similaridade entre os modelos de processo incentivam a reutilização de trechos de modelo de processo e facilitam a busca por modelos semelhantes em repositórios ou coleções (SCHOKNECHT *et al.*, 2017).

A identificação manual de semelhanças e diferenças entre os modelos de processo pode exigir um esforço muito grande, dependendo do tamanho e do número de modelos de processo envolvidos (BECKER *et al.*, 2016). Mesmo análises automatizadas de similaridade podem ser muito caras. Por exemplo, para evitar a inclusão de um modelo de processo duplicado em um repositório, deve-se primeiro verificar se um modelo similar não existe. No entanto, repositórios de algumas organizações podem conter centenas de milhares de modelos de processos, exigindo técnicas eficazes de análise de similaridade (DIJKMAN *et al.*, 2011; KACIMI; TARI, 2014). Uma técnica comum é medir a similaridade com base na distância de edição entre os grafos, que representam os modelos de processo, calculando o número de operações necessárias para transformar um grafo em outro. No entanto, algoritmos de correspondência de grafos sofrem de alta complexidade computacional (Gater *et al.*, 2011; KACIMI; TARI, 2014).

Várias dimensões dos modelos de processo podem ser consideradas ao analisar a similaridade, incluindo a estrutura gráfica do modelo de processo, a linguagem natural do conteúdo dos rótulos do elemento e o comportamento do processo de negócio (THALER *et al.*, 2016). Quando se trata de similaridade baseada em estrutura gráfica (ou simplesmente similaridade estrutural), uma grande parte das técnicas propostas na literatura para medir a similaridade entre modelos de processos é específica para processos de negócios modelados através de redes de Petri (MAHMOD; CHIEW, 2010; SYUKRIILAH; KUSUMO; WIDOWATI, 2015). Outra parte considerável das técnicas propostas é genérica, ou

seja, atendem a modelos de processo independente de notação (SCHOKNECHT *et al.*, 2017). Embora BPMN seja usado em grande escala nas organizações, Schoknecht *et al.* (2017) mostraram que apenas um número muito pequeno de técnicas de similaridade são direcionadas especificamente para BPMN.

A notação BPMN tem muito mais elementos do que os comumente compartilhados entre a maioria das notações. O BPMN 2.0 totaliza mais de 100 variações de elementos, responsáveis pelo seu alto poder de expressão semântica. Quando elementos BPMN específicos são usados, as técnicas genéricas não podem ser aplicadas. Subprocessos é um exemplo de um elemento BPMN raro em outras notações. Considerando a complexidade de muitos processos de negócio, as organizações devem ser capazes de organizar hierarquicamente seus modelos de processo em subníveis. Em relação à análise de similaridade, os interessados devem ser capazes de decidir qual direção hierárquica é mais relevante para seus objetivos. Eles podem estar mais preocupados com a similaridade no nível da cadeia de valor do processo ou no nível dos detalhes processuais.

Dijkman *et al.* (2011) apresentaram uma abordagem de similaridade genérica, mas diretamente aplicável ao BPMN, enquanto Ivanov, Kalenkova e Aalst (2015) apresentaram uma técnica específica para BPMN, ambas com potencial para abordar todos os elementos da BPMN. No entanto, ambos dependem de medidas baseadas em distância de edição de grafos, que podem ser consideradas caras. Como o resultado dessa medida representa o número de operações necessárias para transformar um grafo em outro, esse resultado pode variar de 0 a um número muito grande, o que dificulta entendê-lo e comparar resultados diferentes entre si. Quanto aos subprocessos, embora endereçados, nenhum tratamento específico é concedido a eles e, portanto, uma análise de similaridade multinível não é possível.

1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é apresentar uma técnica de similaridade estrutural aplicável especificamente ao BPMN 2.0 considerando níveis múltiplos de subprocessos. A técnica de similaridade genérica proposta por Kacimi e Tari (2014) (chamado aqui de KT-Sim), que se baseia em assinaturas vetoriais, foi escolhida para ser estendida. A KT-Sim foi selecionada por sua capacidade de expansão e adaptabilidade a contextos

maiores e por seu potencial de uma melhor eficiência. Foi escolhido focar principalmente na similaridade estrutural, pois é a dimensão mais sensível às diferenças nos tipos de elementos e nas regras de sintaxe entre as notações de modelagem, o que é crítico para BPMN.

As principais contribuições para a similaridade do modelo de processo BPMN com a técnica proposta neste trabalho são:

- Abordar subprocessos em múltiplos níveis para dar aos interessados uma visão mais detalhada e permitir que eles definam quais níveis são mais importantes para a análise de similaridade;
- Oferecer uma medida de similaridade que varia de 0 a 1, e ofereça aos interessados melhor abstração e comparabilidade;
- Basear-se em uma técnica com potencial para apresentar melhores níveis de eficiência para cenários de pesquisa em grandes repositórios.

1.2 Método de pesquisa

Esta seção é voltada para fornecer uma visão geral do método de pesquisa que foi utilizado no presente trabalho de mestrado. O método de pesquisa se enquadra como:

- *Gênero "prática"*: este trabalho é voltado para a prática do conhecimento científico, adaptando uma abordagem já existente para que a mesma possa trazer benefícios no cotidiano de profissionais da área de gestão de processos de negócios.
- *Natureza "aplicada"*: este trabalho através da adaptação de uma abordagem citada na literatura tem o potencial de propor uma solução para o problema de similaridade entre modelos de processos de negócios que são modelados usando a notação BPMN.
- *Objetivo "exploratória"*: segundo dados encontrados na literatura poucas técnicas de similaridade entre modelos de processo de negócio são voltadas para modelos que utilizam a notação BPMN, dessa forma o presente de trabalho traz destaque e conhecimento para esse segmento.
- *Abordagem "qualitativa"*: este trabalho se enquadra na abordagem qualitativa porque os dados obtidos com a execução do experimento foram comparados de forma qualitativa com os dados obtidos com usuários especialistas.

Este trabalho foi desenvolvido seguindo uma abordagem metodológica de pesquisa em *desing science*, focada em sistemas de informação (HEVNER ALAN R. AND MARCH; PARK; RAM, 2004). A pesquisa em *desing science* visa criar uma solução para um problema ainda não solucionado ou efetuar melhorias para uma solução existente. No contexto do presente trabalho foi proposto realizar melhorias em uma abordagem já existente que mede a similaridade entre modelos de processos de negócio. Por meio de pesquisas na literatura foi encontrada uma abordagem com potencial para ser adaptada e conseguir verificar a similaridade entre dois modelos de processos de negócio modelados em BPMN. Após realizar as adaptações na abordagem ela é capaz de estimar a similaridade entre dois modelos de processos de negócios em BPMN. Os modelos de processos de negócios utilizados nos testes foram ora adaptados da literatura, ora criados pela autora deste trabalho. Usuários especialistas também realizaram a medição de similaridade entre os modelos de processos de negócios.

1.3 Estrutura do documento

O presente projeto de pesquisa está dividido em sete capítulos, a contar com esta introdução. Os demais capítulos estão estruturados da seguinte forma:

- O capítulo 2 apresenta os conceitos considerados fundamentais para o entendimento deste projeto: (1) BPMN - *Business Process Model and Notation*, (2) similaridade entre modelos de processos de negócio e (3) técnica de similaridade de Kacimi e Tari.
- O capítulo 3 apresenta os trabalhos relacionados com o tema do presente projeto de pesquisa.
- Os capítulos 4 e 5 apresentam a extensão da KT-Sim, a abordagem para medir a semelhança estrutural multinível entre os modelos de processo BPMN.
- O capítulo 6 apresenta a condução do experimento que avaliou o presente trabalho e a discussão dos resultados.
- O capítulo 7 apresenta as considerações finais deste projeto.

2 Fundamentação teórica

Este capítulo descreve os conceitos básicos relacionados a BPMN e a similaridade entre os modelos de processo. A técnica KT-Sim (KACIMI; TARI, 2014), usada como base para a técnica aqui proposta, também é apresentada.

2.1 BPMN - *Business Process Model and Notation*

Um modelo de processo de negócios pode ser representado textualmente como uma descrição de processo ou graficamente usando diferentes notações, como fluxogramas, redes de Petri, EPC (*Event-Driven Process Chain*), Diagramas de Atividades da *Unified Modeling Language* (UML) e *Business Process Model and Notation* (BPMN) (DUMAS *et al.*, 2018). Devido ao seu formalismo inerente, as redes de Petri são usadas principalmente para pesquisa pela comunidade acadêmica ou por indústrias que têm necessidades críticas (WESKE, 2010). Por outro lado, BPMN tem sido claramente a escolha preferida da indústria de software tradicional para modelar processos de negócios em uma notação altamente expressiva que permite fácil comunicação entre engenheiros de TI e analistas de negócios, bem como outras partes interessadas (OMG, 2011).

BPMN é a notação padrão do OMG *Object Management Group* para modelagem de processos de negócios e está na versão 2.0 (OMG, 2011). O seu objetivo é ser uma notação de fácil compreensão e ao mesmo tempo capaz de lidar com a complexidade inerente aos processos de negócio. A ideia é que a notação BPMN seja a ponte que padroniza a lacuna entre a criação do modelo de processos de negócio e a sua implementação. Além disso, espera-se que ela seja entendida por todos os envolvidos no negócio, desde os responsáveis pela modelagem inicial dos processos, passando pelo responsáveis pela sua implantação, até os responsáveis por gerenciar e monitorar esses processos

Para atender a todas as necessidades de modelagem de processos de negócio, BPMN possui mais de 100 elementos, considerando todas as variações de elementos mais simples. Embora BPMN tenha um grande número de elementos, a notação conta com um conjunto básico de elementos divididos em cinco categorias principais, como mostra a figura 1. Os blocos de construção dos modelos de processo são os objetos de fluxo, ou seja, atividades, *gateways* e eventos, que são conectados por meio de fluxo de sequência

(WESKE, 2012). Para oferecer mais expressividade aos modelos de processo, cada um desses três tipos de objetos de fluxo tem diversas variações. Essas variações incorporam significados semânticos adicionais. Por exemplo, atividades pode ser acompanhadas por marcadores, como subprocessos, *loops* e *ad hoc*, ou tipos de tarefas, como tarefas do usuário, manual e *script* (totalizando 17 variações). Isso também ocorre para *gateways* e eventos, que totalizam sete e 60 variações, respectivamente. Por exemplo, há eventos específicos para mensagem, tempo e erro. Além disso, há variações de outros elementos, como objeto de dados e objetos de conexão.

Figura 1 – Elementos BPMN.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Com base em todos os elementos fornecidos, BPMN permite criar modelos de processo com diferentes níveis de detalhe e com diferentes perspectivas. Por exemplo, pode-se representar um processo de negócio de uma simples cadeia de valor para uma versão muito detalhada desse processo, usando subprocessos em vários subníveis, destacando eventos que podem ocorrer entre atividades, detalhando caminhos alternativos, mostrando os artefatos sendo consumidos e gerados, e relatando comunicações interdepartamentais e interorganizacionais. Uma vantagem de BPMN é que, devido às suas características, ela pode atender a diferentes metas de negócios e desenvolvimento.

BPMN suporta três tipos de diagramas: colaboração, conversação e coreografia. Somente diagramas de colaboração são considerados neste trabalho, pois é o tipo mais

frequentemente usado na indústria de software, bem como o mais diretamente comparável com as outras notações aqui mencionadas, como as redes de Petri.

2.2 Similaridade entre modelos de processo de negócio

A similaridade entre os modelos de processo é uma medida de semelhança entre os modelos de processo, ou seja, quanto dois modelos de processo podem ser considerados semelhantes, equivalentes ou até iguais (THALER *et al.*, 2016). Os motivos para medir a similaridade entre os modelos de processo podem ser muitos, incluindo: verificar a conformidade entre um modelo de processo e um modelo de processo padrão, gerar modelos de processo padrão, pesquisar modelos de processo em um repositório e incentivar a reutilização de modelos de processo (BECKER; LAUE, 2012). Schoknecht *et al.* (2017) por meio de uma revisão na literatura categorizou os objetivos associados à medição de similaridade, como pode ser observado na figura 2.

Figura 2 – Objetivos associados à medição da similaridade entre modelos de processo de negócio.

Fonte: Adaptado de Schoknecht *et al.* (2017)

Diferentes características dos modelos de processo podem ser consideradas ao medir a similaridade entre os modelos de processo, incluindo a organização dos elementos no modelo de processo e os textos usados nos rótulos dos elementos. Técnicas de similaridade podem confiar nessas características, isoladamente ou em conjunto. Assim, diferentes técnicas de similaridade podem focar em diferentes tipos de similaridade, ou seja, dois modelos de processo podem ser semelhantes considerando uma perspectiva, mas não outra. Schoknecht *et al.* (2017) usam o termo 'dimensões' para se referir a essas características

ou perspectivas e destacam três dimensões principais: *linguagem natural*, *estrutural* e *comportamental*. Existem ainda outras dimensões de similaridade menos citadas na literatura, como estimativa humana, e aspectos utilizados em técnicas de similaridade específica, como o alinhamento ontológico (THALER *et al.*, 2016). A figura 3 apresenta as dimensões de similaridade levantadas por Schoknecht *et al.* (2017).

Figura 3 – Dimensões das medidas de similaridade.

Fonte: Adaptado de Schoknecht *et al.* (2017)

A linguagem natural é usada para rotular os elementos do modelo de processo, para nomear ou marcá-los. Os rótulos geram conhecimento que pode ser usado para medir a similaridade do modelo de processo e podem ser analisados do ponto de vista sintático e semântico. A análise sintática foca nos caracteres dos rótulos, enquanto a análise semântica se concentra no significado dos rótulos baseados nas palavras usadas e na gramática. O objetivo da similaridade baseada na linguagem natural é comparar a similaridade em termos do que está escrito nos rótulos dos elementos dos modelos de processos que estão sendo comparados, isto é, quão similares são os textos (THALER *et al.*, 2016; GERTH *et al.*, 2010; WEIDLICH *et al.*, 2013; BAKHSHANDEH; PESQUITA; BORBINHA, 2016).

Similaridade baseada em estrutura gráfica, também conhecida como similaridade estrutural, baseia-se na teoria dos grafos e possui duas vertentes principais. A primeira vertente mede a semelhança considerando as características da estrutura geral do grafo, tal como o tamanho do maior subgrafo (isto é, o número de nós e arestas) comum a ambos os modelos de processo (IVANOV; KALENKOVA; AALST, 2015; SEBU; CIOCARLIE, 2016; BEUTEL *et al.*, 2017; ILAHI; GHANNOUCHI; MARTINHO, 2017). As técnicas da

segunda vertente medem a similaridade com base na posição e no tipo dos vários elementos (geralmente, apenas objetos de fluxo) nos dois modelos de processo (SCHOKNECHT *et al.*, 2017; KACIMI; TARI, 2014; LI *et al.*, 2018).

A similaridade comportamental depende do resultado esperado ou obtido com a execução do processo de negócio; geralmente usando mineração de processo. Assim, essa similaridade precisa ser observada em um ambiente de simulação ou durante a execução real do processo de negócio. A medida de similaridade considera a análise de *logs* de rastreamento obtidos com as simulações ou execuções do processo de negócio que mostram quais atividades foram executadas e em que ordem (THALER *et al.*, 2016; MEDEIROS; AALST; WEIJTERS, 2008; KUNZE; WESKE, 2012; DONG *et al.*, 2014; DIJKMAN *et al.*, 2011).

A figura 4 é um exemplo ilustrativo, adaptado de Fettke, Vella e Loos (2012), e apresenta três modelos de processo de negócio. Os processos de negócio foram modelados em BPMN, dessa forma, os círculos representam eventos, os retângulos com bordas arredondadas representam as atividades e os losangos com uma cruz representam *gateways* paralelos. *Gateways* paralelos indicam que os fluxos originados a partir deles serão executados paralelamente. Os processos um e dois representam o processo de venda na visão de vendedores distintos. Esses dois processos contemplam as mesmas atividades, entretanto, existe diferença na execução delas. No processo um, as atividades 'Enviar nota fiscal' e 'Enviar produtos' são realizadas paralelamente após ocorrer a atividade 'Confirmar pagamento'. Já no processo dois, as atividades 'Confirmar pagamento' e 'Enviar nota fiscal' são executadas paralelamente a atividade 'Enviar produtos' e começam a ser executadas após ocorrer a atividade 'Receber pedido'. O processo três representa o processo de compra na visão do cliente.

Para analisar a similaridade entre os modelos de processo apresentados na figura 4 não é seguida uma técnica de similaridade específica. Essa análise é feita considerando os aspectos da similaridade de estrutura gráfica, analisando a estrutura geral do processo, a linguagem natural, analisando a sintática dos nomes das atividades, e a comportamental, baseada em uma execução simulada do processo. Se for considerada apenas a similaridade de linguagem natural, o processo um e o processo dois teriam valor máximo de similaridade, pois as atividades dos dois processos possuem exatamente os mesmos nomes. Todavia, se for analisada a estrutura gráfica e a dimensão comportamental, nota-se que os dois modelos são ligeiramente diferentes. No processo um, duas atividades são executadas paralelamente.

Figura 4 – Modelos de processo de negócio exemplificando as diferentes dimensões de similaridade.

Fonte: Adaptado de Fettke, Vella e Loos (2012)

Já no processo dois, duas atividades são executadas em sequência ('Confirmar pagamento' e 'Enviar nota fiscal'), e, em paralelo a execução dessas atividades ocorre uma outra ('Enviar produtos'). Analisando a similaridade de estrutura gráfica, o processo dois e o processo três teriam valor de similaridade máximo pois são idênticos nessa dimensão. Todavia, esses dois modelos se referem a processos diferentes e se for analisada a similaridade de linguagem natural observa-se que as atividades deles possuem nomes diferentes. Com isso o valor de similaridade nessa dimensão não é o máximo.

2.3 Técnica de similaridade de Kacimi e Tari

A técnica de similaridade estrutural para os modelos de processos BPMN apresentados neste trabalho baseia-se na KT-Sim, que foi proposta por Kacimi e Tari (KACIMI; TARI, 2014). Eles propuseram uma técnica para medir a similaridade entre dois modelos de processo analisando duas dimensões: estrutural, usando posição e tipo dos elementos

dos modelos de processo e linguagem natural, usando a análise sintática dos rótulos das atividades.

Essa técnica foi projetada para ser utilizada independente de notação. Para medir a similaridade, os modelos de processo devem ser recebidos na forma de grafos de processo (um grafo direcionado e atribuído), no qual os nós representam atividades e conectores, e as bordas delimitam as relações entre os nós. Os nós de atividade representam tarefas atômicas enquanto os nós de conectores representam as restrições no fluxo através dos operadores *split* e *join*, com *XOR* para caminhos alternativos (*XOR-Split* e *XOR-Join*) e *AND* para caminhos paralelos (*AND-Split* e *AND-Join*).

Os modelos de processo representados por grafos são decompostos em caminhos. Todos os caminhos possíveis entre o nó inicial e o nó final são extraídos e armazenados em estruturas de dados chamadas assinaturas vetoriais. Os caminhos extraídos de cada modelo de processo são então comparados entre si usando suas assinaturas vetoriais, dois a dois; e a similaridade entre cada dois caminhos é medida. Em seguida, o valor geral de similaridade estrutural entre os dois modelos de processo é calculada considerando a similaridade entre pares de caminho previamente calculados.

Detalhes sobre como os caminhos são extraídos em assinaturas vetoriais, como a similaridade entre dois caminhos é calculada e como a similaridade estrutural geral entre dois modelos de processo é calculada são apresentados no Capítulo 4, onde a extensão dessa técnica é proposta para abordar outros elementos BPMN. A possibilidade oferecida por essa técnica de incluir outros elementos além dos já abordados por ela nos motivou a escolhê-la como base para alcançar nosso objetivo.

3 Trabalhos relacionados

Ao realizar buscas na literatura sobre as técnicas de similaridade entre modelos de processo de negócio foram encontrados trabalhos que realizam a análise dessas técnicas (BECKER; LAUE, 2012; DIJKMAN *et al.*, 2013; SCHOKNECHT *et al.*, 2017). Esses trabalhos foram essenciais para se obter o panorama da área e direcionar o presente trabalho. Um fato que chamou a atenção ao realizar a análise desses trabalhos, foi o baixo número de vezes que BPMN foi mencionado.

Becker e Laue (2012) avaliaram 23 técnicas de similaridade se baseando em oito propriedades desejáveis. Nenhuma técnica atendeu a todas as propriedades, que incluem, por exemplo, qualidade em lidar com semelhanças e diferenças, e eficiência. Das técnicas avaliadas, nenhuma foi específica para BPMN. Dijkman *et al.* (2013) apresentou uma visão geral da evolução do campo de similaridade, incluindo questões ainda enfrentadas e direções para pesquisas futuras. Nesta pequena pesquisa, o BPMN não é mencionado. Finalmente, Schoknecht *et al.* (2017) conduziram uma revisão da literatura sobre técnicas de similaridade, incluindo trabalhos publicados até 2016. Eles identificaram 123 técnicas para essa finalidade, das quais apenas duas são projetadas especificamente para BPMN (PIETSCH; WENZEL, 2012; IVANOV; KALENKOVA; AALST, 2015). Elas possuem a finalidade de visualizar as diferenças e semelhanças entre os modelos de processo.

Após conhecer o panorama da área de similaridade entre modelos de processo de negócio foi realizada uma busca mais abrangente e atualizada a fim de verificar se seriam encontradas mais técnicas de similaridade voltadas para BPMN, além das citadas por Schoknecht *et al.* (2017). Por meio dessa busca foram encontradas outras sete técnicas consideradas específicas para BPMN. Além disso, foram encontradas outras seis técnicas, que embora não sejam específicas para BPMN, suportam a notação. No total, foram identificadas 15 técnicas de similaridade propostas especificamente para BPMN ou que suportam BPMN, como mostra a tabela 1.

A maioria das técnicas listadas trata da similaridade estrutural, de forma exclusiva (WOO, 2009) ou combinada com outra dimensão (geralmente, linguagem natural) (GACITUA-DECAR; PAHL, 2009; BRANCO *et al.*, 2012; PIETSCH; WENZEL, 2012; IVANOV; KALENKOVA; AALST, 2015; ILAHI *et al.*, 2016; SEBU; CIOCARLIE, 2016; BEUTEL *et al.*, 2017; AHN; CHANG, 2018; LI *et al.*, 2018). Apenas Dijkman *et al.* (DIJK-

Tabela 1 – Comparação entre os trabalhos relacionados

Trabalho	Dimensão	Tipo de técnica de similaridade estrutural	Exclusiva para BPMN	Elementos BMPN	Sub-processos
Gacitua-Decar e Pahl (2009)	EG, LN	Distância de Minkowski ponderada	–	Estendido	–
Woo (2009)	EG	Árvore de busca	–	Estendido	–
Gerth <i>et al.</i> (2010)	LN	—	+	Básico	–
Dijkman <i>et al.</i> (2011)	EG,LN,C	Distância de edição de grafo	–	Completo	+
Branco <i>et al.</i> (2012)	EG, LN	Árvore de busca	+	Estendido	–
Pietsch e Wenzel (2012)	EG LN	Árvore de busca	+	Estendido	–
Weidlich <i>et al.</i> (2013)	LN	—	–	Estendido	–
Tka e Ghannouchi (2014)	LN, O	—	+	Básico	–
Ivanov, Kalenkova e Aalst (2015)	EG, LN	Distância de edição de grafo, A*	+	Completo	+
Bakhshandeh, Pesquita e Borbinha (2016)	LN	—	+	Estendido	–
Ilahi <i>et al.</i> (2016)	EG, LN	Distância de edição de grafo	+	Estendido	–
Sebu e Ciocarlie (2016)	EG, LN	Distância de edição de grafo	–	Estendido	+
Beutel <i>et al.</i> (2017)	EG, LN	Distância de edição	–	Estendido	–
Ahn e Chang (2018)	EG, O	Similaridade Cosseno	+	Básico	–
Li <i>et al.</i> (2018)	EG, C	Coeficiente Tanimoto	+	Básico	–
Este trabalho	EG	Assinatura vetorial	+	Estendido	+

EG: Estrutura Gráfica/Estrutural; LN: Linguagem Natural; C: Comportamental; O: Outra

MAN *et al.*, 2011) lida com as três dimensões principais - estrutural, linguagem natural e comportamental. As demais técnicas estimam a similaridade entre modelos de processo a partir da linguagem natural, exclusivamente (GERTH *et al.*, 2010; WEIDLICH *et al.*, 2013; TKA; GHANNOUCHI, 2014) ou combinada com outra dimensão (BAKHSHANDEH; PESQUITA; BORBINHA, 2016).

A maioria dos pesquisadores podem ter abordado a similaridade estrutural porque esta é a dimensão mais sensível a BPMN. Como BPMN tem muitos elementos e as suas regras de sintaxe são diferentes de outras notações, as técnicas genéricas de similaridade estrutural não se aplicam diretamente ao BPMN. A linguagem natural e as semelhanças comportamentais não são tão sensíveis a tais diferenças (SCHOKNECHT *et al.*, 2017). Quanto à semelhança estrutural, as medidas baseadas na distância em grafos (principalmente distância de edição) são as mais comuns, seguidas pela árvore de busca. Neste trabalho foi usada outra medida buscando mais eficiência, necessária para buscas em

grandes repositórios (KACIMI; TARI, 2014). Além disso, as medidas baseadas na distância resultam em valores difíceis de abstrair e comparar entre si, pois variam de 0 a um número virtualmente infinito de operações necessárias para transformar um grafo em outro. Este trabalho é baseado em uma medida limitada entre 0 e US 1.

Embora todas as técnicas listadas suportem BPMN, nem todas cobrem todos os seus elementos. Algumas abordam apenas os elementos básicos (ou seja, eventos de início e fim, *gateways* paralelos e exclusivos, atividades e fluxo de sequência) (GERTH *et al.*, 2010; TKA; GHANNOUCHI, 2014; AHN; CHANG, 2018; LI *et al.*, 2018). Outras técnicas vão além do básico e abordam um conjunto estendido de elementos, incluindo variações de atividade, *gateway* e eventos, bem como piscinas e raias (GACITUA-DECAR; PAHL, 2009; WOO, 2009; BRANCO *et al.*, 2012; PIETSCH; WENZEL, 2012; WEIDLICH *et al.*, 2013; BAKHSHANDEH; PESQUITA; BORBINHA, 2016; SEBU; CIOCARLIE, 2016; ILAHI *et al.*, 2016; BEUTEL *et al.*, 2017). Apenas duas técnicas abordam o conjunto completo de elementos BPMN (DIJKMAN *et al.*, 2011; IVANOV; KALENKOVA; AALST, 2015). Em relação aos *subprocessos* estendidos, somente Dijkman *et al.* (2011), Ivanov, Kalenkova e Aalst (2015) e Sebu e Ciocarlie (2016) apresentaram evidências de que suas técnicas abordam esse elemento. Para esses três casos, a distância de edição do grafo é usada como uma técnica de similaridade estrutural, e os subprocessos são abstraídos como parte do grafo que representa o modelo de processo. Assim, os subprocessos são incorporados no mesmo nível dos demais elementos do modelo de processo, não recebendo nenhum tratamento diferenciado. Diferentemente, a técnica apresentada neste trabalho utiliza informações de subprocesso para realizar uma análise de similaridade multinível, na qual os *stakeholders* podem escolher a ordem de importância para cada nível.

4 Medição de similaridade estrutural com assinaturas vetoriais

Neste trabalho a KT-Sim (KACIMI; TARI, 2014) foi adaptada para aplicá-la especificamente aos modelos de processo representados em BPMN e que se encaixem como diagramas de colaboração. A KT-Sim foi escolhida devido a sua capacidade de expansão e adaptabilidade a contextos maiores e pelo seu potencial de proporcionar uma melhor eficiência.

Embora a KT-Sim seja genérica, ela poderia ser aplicada diretamente a BPMN na sua versão original, mas ela atenderia somente a seis dos elementos BPMN mais básicos. Considerando a descrição da KT-Sim (Capítulo 2.3), os quatro elementos BPMN abordados explicitamente são: atividade simples (tarefa sem tipo ou marcador), *gateway* exclusivo e *gateway* paralelo - ligados entre si através do objeto de conexão de fluxo de sequência. Além disso, o evento de início e o evento de fim também podem ser considerados implicitamente. No entanto, poucos modelos de processo são realmente criados com apenas esses quatro elementos, tornando a KT-Sim insuficiente para BPMN.

Por outro lado, muitos elementos específicos de BPMN são utilizados por poucos profissionais e organizações, e em situações muito específicas. Assim, uma técnica de similaridade estrutural que realmente atenda BPMN não precisa considerar todos os seus elementos. Como critério para escolher os elementos que foram incorporados na técnica proposta no presente trabalho, aqui tratada como extensão da KT-Sim, foram selecionados empiricamente os elementos BPMN mais simples e mais comuns que atendiam a dois requisitos: ser mais propensos a serem usados pelos adeptos de BPMN e ser mais aderente a extensão da KT-Sim. Dessa forma, foram selecionados 34 elementos que são usados nos diagramas de colaboração BPMN.

Das 17 variações de atividades, foram selecionadas 12, incluindo a já abordada pela KT-Sim (ou seja, a atividade básica). Para os tipos de atividade, todos foram incluídos: envio de mensagem, recebimento de mensagem, usuário, manual, regra de negócio, invocação de serviço e execução de script. Quanto os marcadores de atividades, quatro de seis foram incluídos: subprocesso, *loop*, instâncias múltiplas em paralelo e instâncias múltiplas em sequência. O marcador *ad hoc* não foi incluído nesta versão da técnica proposta, embora frequentemente seja usado, pois o endereçamento dos elementos dentro de uma atividade *ad hoc* exigiria uma solução mais complexa para estender a KT-Sim. O marcador de

compensação, bem como atividades de transação, subprocesso de evento e atividade de chamada não são cobertos, pois raramente são usados por profissionais da área. Além disso, em quase todos esses quatro últimos casos, soluções específicas devem ser incluídas na extensão da KT-Sim. Além disso, combinações de marcadores de atividade e tipos de tarefas, possíveis de acordo com BPMN - como subprocesso + *loop* ou *loop* + envio de mensagem, não são abordadas nesta versão da técnica proposta, apenas para manter a primeira versão mais enxuta. A figura 5 traz a relação das atividades atendidas pela extensão da KT-Sim.

Figura 5 – Lista completa de atividades de BPMN 2.0 e as atividades selecionadas.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Das sete variações BPMN para *gateway*, foram selecionadas quatro, incluindo as duas já abordadas pela KT-Sim (*gateways* exclusivo e paralelo) e duas adicionais (inclusivo e baseados em eventos). Os *gateways* complexo, exclusivo baseado em eventos (gerador de instâncias) e paralelo baseado em eventos paralelos (gerador de instâncias) não são cobertos, pois raramente são usados por profissionais da área. A figura 6 traz a relação dos *gateways* atendidos pela extensão da KT-Sim.

Por fim, de 63 variações para eventos, foram selecionados 18, nenhuma delas abordada anteriormente pela KT-Sim. Foram abordadas as seguintes categorias de evento: início padrão, intermediário de captura, intermediário de lançamento e fim. Para essas categorias, os seguintes tipos de evento são abordados: simples, mensagem, temporal, condicional, conector, sinal e final. Os outros tipos de evento - escalável, erro, cancelamento, compensação, múltiplo e múltiplo paralelo - não foram incluídos, pois raramente são

Figura 6 – Lista completa de *gateways* de BPMN 2.0 e os *gateways* selecionados.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

usados por profissionais da indústria. Além disso, todos os eventos das categorias que interrompe/não interrompe os subprocessos (eventos de início) e que interrompe/não interrompe a execução de uma instância (eventos intermediários) não são cobertos, porque também raramente são usados pelos profissionais e requerem soluções mais complexas para estender a KT-Sim. A figura 7 traz a relação dos eventos atendidos pela extensão da KT-Sim.

Especificamente para atividades que são subprocesso, a extensão da KT-Sim considera não apenas a atividade com o marcador de subprocesso, conectada com outros elementos, mas também o subprocesso expandido que contém fluxos de sequência dentro dela (que formam um processo submodelo em um subnível). A figura 8 mostra um exemplo de subprocesso expandido.

Embora a KT-Sim aborde as dimensões estrutural e de linguagem natural, apenas a primeira é considerada na extensão aqui proposta. Foi assumido que a semelhança baseada em linguagem natural é menos sensível a diferenças entre regras de modelagem de notações de modelagem diferentes, já que os textos usados como rótulos de elementos estariam em um nível de abstração mais alto, independente de estrutura. Assim, uma vez que a similaridade estrutural é resolvida para BPMN, diferentes técnicas de similaridade baseadas em linguagem natural podem ser naturalmente aplicadas. Por outro lado, a similaridade estrutural é muito sensível aos elementos de cada notação, o que particularmente é um problema para BPMN com seu rico conjunto de elementos próprios.

As seções a seguir apresentam as etapas para medir a similaridade estrutural entre dois modelos de processo BPMN sem considerar subprocessos expandidos. A maneira como os subprocessos expandidos são considerados em uma similaridade estrutural multinível entre dois modelos de processo é apresentada no Capítulo 5.

Figura 7 – Lista completa dos eventos de BPMN 2.0 e os eventos selecionados.

	Início			Intermediário			Fim
	Padrão	Evento de interrupção de subprocesso	Evento de não interrupção de subprocesso	Captura	Interrupção de borda	Não interrupção de borda	Lançamento
Simple
Mensagem
Temporal
Escalável
Condicional
Conector
Erro
Cancelamento
Compensação
Sinal
Múltiplo
Múltiplo Paralelo
Final

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

4.1 Lendo os modelos de processo

Dois modelos de processo em BPMN são dados como entrada. Cada modelo de processo é analisado para ter seus elementos identificados. Para cada elemento, os seguintes atributos devem ser identificados: identificadores, entradas (identificadores dos elementos que imediatamente o precedem) e saídas (identificadores dos elementos que o seguem imediatamente). Somente *gateways* podem ter mais de uma entrada e mais de uma saída. As informações de entradas e saídas permitem gerar o fluxo de controle do modelo de processo.

Figura 8 – Exemplo de subprocessos expandidos em dois subníveis.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

4.2 Decompondo caminhos de modelo de processo

O próximo passo é decompor os grafos que representam os modelos de processo a serem comparados. Cada grafo é decomposto em caminhos identificados percorrendo os fluxos da sequência do elemento inicial até atingir o elemento final. Em cada *gateway* encontrado ao percorrer o fluxo de sequência, somente uma saída deve ser selecionada, independentemente do tipo de *gateway* (isto é, exclusivo, inclusivo, paralelo ou baseado em evento).

Cada caminho decomposto representa um único *link* do início ao final do grafo que representa o modelo de processo. Todos os elementos encontrados no fluxo fazem parte do caminho decomposto, incluindo *gateways*. A figura 9 mostra o conjunto de caminhos decompostos para um modelo de processo. *Gateways* são anotados com seu subtipo: $[S]$ para *Split*, $[J]$ para *Join* e $[JS]$ para *JoinSplit*. Um *gateway* é considerado *JoinSplit* quando o fluxo de 2 ou mais caminhos se encerram nele e a partir dele são originados 2 ou mais caminhos.

Figura 9 – Exemplo do conjunto de caminhos decompostos.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

4.3 Criando assinaturas vetoriais

As informações de cada caminho do modelo de processo são condensadas em uma estrutura de dados chamada assinatura vetorial. Uma assinatura vetorial é criada para cada caminho decomposto. Essa estrutura de dados permite preservar as relações de precedência entre os elementos de cada caminho do modelo de processo.

Uma assinatura vetorial é formada por v vetores de p posições, onde $p = a + (3 * g) - 1 + e$, $v = a + (3 * g) - 1 + e$ e a , g , e são, respectivamente, os números de tipos de atividades, *gateways* e eventos suportados.

Para *gateways*, considera-se $3 * g$ em vez de apenas g , pois os *gateways* paralelo, exclusivo e inclusivo são dividido em três subtipos: *split*, *join* e *joinSplit*. O *split* representa uma divisão no fluxo de sequência, enquanto o *join* representa uma união no fluxo de sequência e o *joinSplit* representa a união e a divisão, ao mesmo tempo, no fluxo de sequência. Foi subtraído o valor 1 no resultado de $3 * g$ pois para o gateway baseado em eventos não foi incorporado o subtipo *joinSplit*.

Na estrutura da assinatura vetorial, cada vetor representa um tipo (ou subtipo) do elemento suportado. Cada vetor, por sua vez, possui uma posição para cada tipo (ou subtipo) do elemento suportado. Como a KT-Sim suporta apenas atividade, *gateway* exclusivo (XOR) e *gateway* paralelo (AND), a estrutura para a sua assinatura vetorial é representada na Figura 10. Neste caso, cada assinatura vetorial tem 5 vetores com 5 posições cada. Na KT-Sim, o evento inicial e o evento final não são representados na assinatura do vetor (embora implicitamente presentes), já que não fazem diferença para o cálculo da similaridade estrutural proposta pelos autores. Além disso, *gateways* no subtipo *joinSplit* não são abordados pela KT-Sim.

Figura 10 – Estrutura de assinatura vetorial, considerando a KT-Sim.

XOR-Split	XOR-Split	AND-Split	XOR-Join	AND-Join	Atividade
AND-Split	XOR-Split	AND-Split	XOR-Join	AND-Join	Atividade
XOR-Join	XOR-Split	AND-Split	XOR-Join	AND-Join	Atividade
AND-Join	XOR-Split	AND-Split	XOR-Join	AND-Join	Atividade
Atividade	XOR-Split	AND-Split	XOR-Join	AND-Join	Atividade

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Na extensão da KT-Sim foram tratados 34 elementos de diagramas de colaboração BPMN, dentre mais de 100 elementos disponíveis. Assim, as assinaturas vetoriais para a

proposta do presente trabalho têm 38 vetores ¹ com 38 posições ². A estrutura de assinatura vetorial neste caso é maior que a da Figura 10, pois possui mais vetores e mais posições. A Tabela 2 mostra a ordem na qual os elementos são representados pelos vetores e a ordem na qual os elementos são representados pelas posições dentro dos vetores.

As posições dos vetores da assinatura vetorial são preenchidas de acordo com o número de vezes que cada elemento aparece no caminho correspondente à assinatura vetorial. Para uma determinada posição p (que representa um elemento t_1) dentro de um determinado vetor v (que representa um elemento t_2), a posição p deve ser preenchida com o número de vezes que o elemento t_1 referido pela posição p aparece no caminho imediatamente após o elemento t_2 referido pelo vetor correspondente v .

A figura 11 mostra um caminho e sua assinatura vetorial correspondente, com apenas atividades e *gateways* paralelos, usando a estrutura de assinatura vetorial na figura 10. Os vetores correspondentes a *XOR-Split* e *XOR-Join* estão com todas as suas posições iguais a 0, pois esses elementos não aparecem no caminho. No vetor referente a *AND-Split*, o valor um (1) foi atribuído à posição que se refere a atividade, porque existe um *AND-Split* seguido por uma atividade; todas as outras posições são iguais a 0 porque não há nenhum *AND-Split* seguido por qualquer outro elemento. O mesmo vale para o vetor correspondente a *AND-Join*. Para o vetor correspondente a atividade, o valor um (1) foi atribuído às posições referentes a *AND-Split*, *AND-Join* e atividade, uma vez que cada um desses três elementos aparecem exatamente uma vez após uma atividade.

Figura 11 – Exemplo de um caminho e sua assinatura vetorial correspondente, com atividades e *gateways* paralelos, conforme padrão da KT-Sim.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

¹ $x = 12 + (3 * 4) - 1 + 18 = 41$

² $x = 12 + (3 * 4) - 1 + 18 = 41$

Tabela 2 – Ordem dos elementos BPMN na assinatura vetorial na extensão da KT-Sim

ID	Vetor	ID	Posições do vetor
1	Gateway-Exclusivo [Split]	1	Gateway-Exclusivo [Split]
2	Gateway-Exclusivo [Join]	2	Gateway-Exclusivo [Join]
3	Gateway-Exclusivo [JoinSplit]	3	Gateway-Exclusivo [JoinSplit]
4	Gateway-Paralelo [Split]	4	Gateway-Paralelo [Split]
5	Gateway-Paralelo [Join]	5	Gateway-Paralelo [Join]
6	Gateway-Paralelo [JoinSplit]	6	Gateway-Paralelo [JoinSplit]
7	Gateway-Inclusivo [Split]	7	Gateway-Inclusivo [Split]
8	Gateway-Inclusivo [Join]	8	Gateway-Inclusivo [Join]
9	Gateway-Inclusivo [JoinSplit]	9	Gateway-Inclusivo [JoinSplit]
10	Gateway-baseado em evento [Split]	10	Gateway-baseado em evento [Split]
11	Gateway-baseado em evento [Join]	11	Gateway-baseado em evento [Join]
12	Evento-Inicio-Simples	12	Evento-Inicio-Simples
13	Evento-Inicio-Mensagem	13	Evento-Inicio-Mensagem
14	Evento-Inicio-Temporal	14	Evento-Inicio-Temporal
15	Evento-Inicio-Condiciona	15	Evento-Inicio-Condiciona
16	Evento-Inicio-Sinal	16	Evento-Inicio-Sinal
17	Evento-Intermediário-Captura-Mensagem	17	Evento-Intermediário-Captura-Mensagem
18	Evento-Intermediário-Captura-Temporal	18	Evento-Intermediário-Captura-Temporal
19	Evento-Intermediário-Captura-Condiciona	19	Evento-Intermediário-Captura-Condiciona
20	Evento-Intermediário-Captura-Conector	20	Evento-Intermediário-Captura-Conector
21	Evento-Intermediário-Captura-Sinal	21	Evento-Intermediário-Captura-Sinal
22	Evento-Intermediário-Lançamento-Simples	22	Evento-Intermediário-Lançamento-Simples
23	Evento-Intermediário-Lançamento-Mensagem	23	Evento-Intermediário-Lançamento-Mensagem
24	Evento-Intermediário-Lançamento-Conector	24	Evento-Intermediário-Lançamento-Conector
25	Evento-Intermediário-Lançamento-Sinal	25	Evento-Intermediário-Lançamento-Sinal
26	Evento-Fim-Simples	26	Evento-Fim-Simples
27	Evento-Fim-Mensagem	27	Evento-Fim-Mensagem
28	Evento-Fim-Sinal	28	Evento-Fim-Sinal
29	Evento-Fim-Final	29	Evento-Fim-Final
30	Atividade-Tarefa	30	Atividade-Tarefa
31	Atividade-Tarefa-Envio	31	Atividade-Tarefa-Envio
32	Atividade-Tarefa-Recebimento	32	Atividade-Tarefa-Recebimento
33	Atividade-Tarefa-Usuário	33	Atividade-Tarefa-Usuário
34	Atividade-Tarefa-Manual	34	Atividade-Tarefa-Manual
35	Atividade-Tarefa-Regra de Negócio	35	Atividade-Tarefa-Regra de Negócio
36	Atividade-Tarefa-Serviço	36	Atividade-Tarefa-Serviço
37	Atividade-Tarefa-Script	37	Atividade-Tarefa-Script
38	Atividade-Loop	38	Atividade-Loop
39	Atividade-Múltiplas Instâncias Paralelo	39	Atividade-Múltiplas Instâncias Paralelo
40	Atividade-Múltiplas Instâncias Sequência	40	Atividade-Múltiplas Instâncias Sequência
41	Atividade Subprocesso	41	Atividade Subprocesso

A figura 12 mostra um exemplo de um caminho e sua assinatura vetorial correspondente, considerando os elementos cobertos pela extensão da KT-Sim. A estrutura de assinatura vetorial é resumida; somente vetores e posições vetoriais com elementos no caminho exemplificado são apresentados exclusivamente. Os outros vetores e posições vetoriais (cujos IDs estão entre parênteses) são agrupados, pois todos os seus valores são sempre 0. Na Figura 12, o vetor 30 tem o valor dois (2) na posição 30, já que há duas ocorrências de uma atividade seguido por outra atividade.

Figura 12 – Exemplo de um caminho e sua assinatura vetorial correspondente, com elementos BPMN presentes em nossa técnica.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

4.4 Calculando a similaridade entre pares de caminhos

Antes de calcular a semelhança estrutural entre dois modelos de processo, deve-se primeiro calcular a similaridade estrutural de todas as combinações de pares de caminho para os dois modelos de processo. Para isso, as assinaturas vetoriais VS_1 e VS_2 correspondentes a cada dois caminhos P_{M1} e P_{M2} , respectivamente, de dois modelos de processo M_1 e M_2 são comparadas, seguindo a Equação 1.

$$sim_{path_pair} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^v (\sum_{j=1}^p |C_{ij}(VS_1) - C_{ij}(VS_2)|)}{\frac{\#(ET_{P_{M1}} \cup ET_{P_{M2}})}{\max(\|P_{M1}\|, \|P_{M2}\|)}}, \quad (1)$$

em que $C_{ij}(VS_1)$ e $C_{ij}(VS_2)$ representam o componente C (ou seja, a posição j do vetor i) nas assinaturas vetoriais VS_1 e VS_2 dos caminhos P_{M_1} e P_{M_2} para cada um dos vetores v de p posições cada, $|P_{M_1}|$ e $|P_{M_2}|$ representa o tamanho dos caminhos P_{M_1} e P_{M_2} em termos do número de elementos encontrados em cada caminho e $ET_{P_{M_1}}$ e $ET_{P_{M_2}}$ representa os conjuntos de elementos distintos encontrados nos caminhos P_{M_1} e P_{M_2} .

Para a extensão da KT-Sim, o valor $\#(ET_{P_{M_1}} \cup ET_{P_{M_2}})$ foi adotado para permitir uma proporcionalidade da similaridade medida entre os dois modelos de processo em relação ao número de elementos. Nos dois modelos de processos comparados, e não em relação a todos os elementos possíveis que poderiam existir em ambos os modelos de processo³. Ao dividir por v (ou p) em vez de $\#(ET_{P_{M_1}} \cup ET_{P_{M_2}})$, se os modelos de processo não tiverem todos os v (ou p), a similaridade estrutural é sempre menor que um (1), mesmo que ambos os modelos de processo sejam precisamente os mesmos; portanto, a adaptação da equação era indispensável. A KT-Sim foi menos sensível a esse problema, já que poucos elementos foram abordados por ele (ou seja, v e $p = 5$). Assim, a chance de os modelos de processo não terem todos os cinco elementos é pequena.

Como resultado desta etapa, uma matriz de semelhanças estruturais entre pares de caminhos (denominada $sim_{path_pairs}^{m \times n}$) armazena todos os valores sim_{path_pair} calculados, onde m e n são, respectivamente, o número de caminhos nos modelos de processo M_1 e M_2 .

Suponha que o caminho da figura 12 faça parte de um modelo A (M_1) e será comparado com o caminho da figura 13, que faz parte de um modelo B (M_2). Os modelos A e B são mostrados na figura 14. A assinatura vetorial dos dois caminhos são somadas ($\sum_{i=1}^v (\sum_{j=1}^p |C_{ij}(VS_1) - C_{ij}(VS_2)|)$) e o resultado é 9. Feito isso é calculada a quantidade de elementos distintos que os dois caminhos possuem ($\#(ET_{P_{M_1}} \cup ET_{P_{M_2}})$). No exemplo o valor é 7. Realiza-se então a divisão de 9 por 7 que resulta em 1,28. O resultado dessa divisão (1,28) é dividido pela quantidade máxima de elementos entre os dois caminhos ($\max(\|P_{M_1}\|, \|P_{M_2}\|)$), que é 10. O resultado da primeira parte da equação ($\frac{\sum_{i=1}^v (\sum_{j=1}^p |C_{ij}(VS_1) - C_{ij}(VS_2)|)}{\#(ET_{P_{M_1}} \cup ET_{P_{M_2}})}$) é 0,128. Esse valor é então subtraído de 1, resultando em 0,87 que é o valor final da similaridade entre os dois caminhos.

³ Para a equação sim_{path_pair} do KT-Sim, em vez de usar $\#(ET_{P_{M_1}} \cup ET_{P_{M_2}})$, o valor fixo v (que é igual a p) é usado, o que representa o número de vetores (assim como o número de posições em

Figura 13 – Exemplo de um caminho e sua assinatura vetorial correspondente para realizar a comparação entre caminhos.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 14 – Modelos A e B.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Para preencher a matriz de semelhanças estruturais entre pares de caminhos, todos os caminhos dos modelos A e B foram comparados entre si, como mostra a figura 15, e resultaram na matriz da figura 16.

cada vetor) da assinatura vectorial. No seu caso, v e p são iguais a 5, ou seja, o número de elementos (incluindo subtipos) que a técnica originalmente atende

Figura 15 – Correspondência entre os caminhos dos modelos A e B.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 16 – Matriz de semelhanças estruturais entre pares de caminhos.

	Caminho B1	Caminho B2
Caminho A1	0,87	0,91
Caminho A2	0,88	0,83

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

4.5 Calculando a similaridade estrutural

A equação 2 é usada para calcular a similaridade estrutural entre dois modelos de processo M_1 e M_2 considerando as similaridades entre os pares de caminho calculados de acordo com a Equação 1 e armazenados em sim_{path_pairs} .

$$sim_{struct} = \frac{1}{max(m, n)} \sum_{k=1}^{min(m, n)} max(sim_{path_pairs}^2), \quad (2)$$

onde sim_{path_pairs} é a matriz de semelhanças estruturais entre $path_pairs$; m e n são definidos antes; e 2 representa um procedimento de atualização de sim_{path_pairs} descrito da seguinte forma. Os $min(m, n)$ - pares de caminhos mais similares devem ser escolhidos para serem usados como parte do cálculo da similaridade estrutural. Os caminhos escolhidos devem ser exclusivos, ou seja, o mesmo caminho não pode fazer parte de mais de um par de caminhos, para evitar que alguns caminhos nunca sejam escolhidos. Caso contrário, um valor de similaridade superestimado poderia ser obtido, já que os caminhos com

baixa similaridade seriam naturalmente ignorados ⁴. Para garantir isso, para cada k , uma vez que o valor $\max(sim_{path_pairs})$ foi identificado e somado, todos os valores da linha e coluna referentes a este valor devem ser atualizados para 0. Assim, ambos os caminhos, referindo-se à linha e coluna atualizadas, não são selecionados novamente nas próximas iterações, mesmo que eles representem valores altos de similaridade com outros caminhos. Somente quando um modelo de processo tem mais caminhos do que o outro, os caminhos adicionais devem ser deixados sem pareamento devido à falta de caminhos no outro modelo de processo para correspondência.

Considerando o exemplo da seção anterior, são selecionados os maiores valores de similaridades entre pares de caminhos distintos, como mostra a figura 17. Esses valores são somados ($0,91 + 0,88$) e o resultado é 1,79. O resultado obtido é então dividido pelo número máximo de caminhos entre os dois modelos que é 2. O valor final da similaridade estrutural entre os modelos A e B é 0,89.

Figura 17 – Maiores valores de similaridades entre os pares de caminhos.

	Caminho B1	Caminho B2
Caminho A1	0,87	0,91
Caminho A2	0,88	0,83

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

4.6 Algoritmo da abordagem

Nesta seção é apresentado o algoritmo 1. Ele ilustra o funcionamento geral da extensão da KT-Sim.

⁴ Para sim_{struct} do KT-Sim, os pares de caminhos mais similares escolhidos podem repetir caminhos. A matriz é percorrida escolhendo, para cada linha, a coluna com maior similaridade com a linha correspondente. Como resultado, para uma próxima linha, as colunas escolhidas anteriormente podem ser escolhidas novamente. Para o pior caso, suponha que um modelo de processo M_1 com m caminhos idênticos entre si e outro modelo de processo M_2 com n caminhos diferentes uns dos outros, mas com um deles exatamente igual aos caminhos de M_1 . A similaridade estrutural dos dois modelos de processo M_1 e M_2 seria superestimada com 1,0, mostrando que os dois modelos de processo são iguais, quando na verdade isso não ocorre.

Algoritmo 1 Algoritmo da extensão da KT-Sim

```

1: Entrada: Dois modelos de processo, A e B, em BPMN
2: Saída: Valor da similaridade entre A e B
3: for i = 0; i < n; i++ do
4:   for j = 0; j < m; j++ do
5:     soma = 0;
6:     //Calcular a semelhança entre as assinaturas vetoriais
7:     for v = 0; v < 41; v++ do
8:       for p = 0; p < 41; p++ do
9:         soma+ = |Cvp(VSi(A)) - Cvp(VSj(B))|
10:      endfor
11:    endfor
12:    
$$sim_{path\_pair} = 1 - \frac{\frac{soma}{\#(ET_{PM1} \cup ET_{PM2})}}{\max(\|P_{M1}\|, \|P_{M2}\|)}$$

13:    /* Cvp(VSi(A)) representa o componente p do vetor v na assinatura vetorial
14:    VSi do modelo A */
15:  endfor
16: endfor
17: /* Calcular a semelhança geral dos modelos */
18: 
$$sim_{struct} = \frac{1}{\max(m,n)} \sum_{k=1}^{\min(m,n)} \max(sim_{path\_pairs}2)$$


```

5 Similaridade estrutural multinível entre modelos de processos hierárquicos

A KT-Sim não aborda subprocessos, pois não são um elemento genérico comum à maioria das notações de modelagem. No entanto, eles representam um elemento BPMN relevante, útil tanto para encapsular o comportamento extra dentro de uma *única atividade* quanto para permitir a descrição de processos em vários níveis hierárquicos.

A expansão da KT-Sim, técnica proposta no presente trabalho, aborda subprocessos, tanto recolhidos quanto expandidos. Na figura 18, existem três subprocessos recolhidos. Considerando o caso mais simples, esses subprocessos podem estar vazios e não podem ser expandidos; o que geralmente acontece quando se quer apenas representar que algumas atividades são complexas, mas sem detalhá-las. Este caso é tratado pelo funcionamento básico da técnica apresentado no Capítulo 4, simplesmente usando o marcador de subprocesso para atividade.

Figura 18 – Exemplo de modelo de processo com subprocessos recolhidos.

No entanto, seria de esperar não apenas subprocessos vazios. Assim, processos com subprocessos também devem ser considerados ao calcular a semelhança estrutural entre os modelos de processo. A figura 19 mostra o modelo de processo na figura 18, mas com dois dos subprocessos expandidos. Um dos subprocessos expandidos possui um subprocesso interno que também é expandido. A figura 19 destaca o fluxo principal do processo (Nível 0), dois subprocessos expandidos no Nível 1 e um subprocesso expandido no Nível 2. Os dois subprocessos expandidos no Nível 1 são dois dos três recolhidos na figura 18.

Figura 19 – Exemplo de um modelo de processo com subprocessos expandidos.

Um nível de processo pode ter vários subprocessos expandidos (conforme mostrado na figura 20). Somente os subprocessos dentro dos fluxos de sequência são representados

de maneira abstrata nesta figura; os fluxos de sequência e outros elementos de fluxo são omitidos. Neste exemplo, o modelo de processo M_1 tem seis subprocessos no Nível 0, dos quais quatro não estão vazios (1.2, 1.3, 1.4 e 1.5) e dois estão vazios (1.1 e 1.6). Subprocessos não vazios são expandidos no Nível 1; o mesmo acontece do Nível 1 ao Nível 2, o que continua até que haja subprocessos a serem expandidos.

Figura 20 – Representação da relação entre subprocessos a ser comparada para o cálculo da similaridade estrutural multinível entre dois modelos de processos. Suponha que os valores de similaridade mostrados foram calculados seguindo os procedimentos aqui propostos.

Para calcular a similaridade estrutural entre os modelos de processo que possuem pelo menos um subprocesso não vazio, as semelhanças para cada nível são calculadas primeiro separadamente. Então, uma semelhança estrutural multinível entre os dois modelos de processo é calculada considerando uma média ponderada entre as semelhanças obtidas para cada nível. Os seguintes estágios devem ser executados, dependendo do nível hierárquico fornecido:

Para o nível 0: considerando dois modelos de processo M_1 e M_2 , o cálculo da similaridade estrutural para o Nível 0 segue diretamente o procedimento básico (cf. Capítulo 4). Quando os subprocessos são encontrados, eles são tratados como se fossem subprocessos recolhidos vazios (isto é, um atividade com um marcador de subprocesso). Assim, o procedimento básico (cf. Capítulo 4) é aplicado sem alterações. Por exemplo, para o modelo de processo descrito na figura 19, ao calcular a similaridade com outro modelo de processo para o Nível 0, a visão na figura 18 é considerado.

Para o nível l (com $l \geq 1$): considerando dois processos PR_1 e PR_2 , respectivamente, modelos de processo M_1 e M_2 ¹ no Nível $l - 1$, as seguintes subseções explicarão os procedimentos que devem ser executados.

¹ Exclusivamente para $l = 1$, PR_1 e PR_2 são, na verdade, M_1 e M_2 .

5.1 Identificar subprocessos não vazios e expandidos

Os processos PR_1 e PR_2 são analisados no Nível $l - 1$ para identificar seus subprocessos não vazios e que são expandidos no Nível l . Para os dois modelos de processo na figura 20, os subprocessos expandidos no Nível 1 seriam: 1.2, 1.3, 1.4 e 1.5 para M_1 e 2.2 e 2.3 para M_2 . No nível 2, os exemplos de subprocessos expandidos são: 2.2.1 e 2.2.2 para o subprocesso 2.2.

5.2 Calcular a similaridade estrutural entre pares de subprocessos

A sim_{struct} é calculada para todos os pares de subprocessos expandidos no Nível l identificados na etapa anterior para PR_1 e PR_2 , seguindo o procedimento básico (cf. Capítulo 4). Para a figura 20, sim_{struct} seria calculado no Nível 1 para os pares de subprocessos (1.2; 2.2), (1.3; 2.2), (1.4; 2.2), (1.5; 2.2), (1.2; 2.3), (1.3; 2.3), (1.4; 2.3) e (1.5; 2.3).

5.3 Criar uma matriz de similaridades estruturais entre pares de subprocessos

A $sim_{subproc_pairs}^{r \times s}$ armazena todos os valores de sim_{struct} entre pares de subprocessos para PR_1 e PR_2 no Nível l conforme calculado na etapa anterior, em que r e s são os números de subprocessos expandidos no Nível l para, respectivamente, PR_1 e PR_2 .

5.4 Calcular a similaridade estrutural parcial para o Nível l

A equação 3 é usada para calcular a similaridade estrutural parcial considerando os subprocessos expandidos no Nível l para PR_1 e PR_2 com as similaridades entre os pares de subprocessos armazenados em $sim_{subproc_pairs}$ criados para o Nível l .

$$sim_{level_partial} = \frac{\sum_{j=1}^{\min(r,s)} \max(sim_{subproc_pairs_i}^4)}{\max(r, s)}, \quad (3)$$

$sim_{subproc_pairs_i}$ é a matriz de semelhanças estruturais entre pares de subprocessos calculados para cada par de subprocessos i no Nível l para PR_1 e PR_2 ; r e s foram definidos

anteriormente; e 4 representa um procedimento de atualização de $sim_{subproc_pairs_i}$ descrito da seguinte forma. $sim_{subproc_pairs_i}$ é analisado para encontrar os pares de subprocessos $min(r, s)$ mais similares. Cada subprocesso expandido de PR_1 deve corresponder apenas a um subprocesso expandido de PR_2 e vice-versa. Portanto, para cada iteração de análise de matriz que resulte na identificação de um par de subprocesso mais semelhante, os dois subprocessos identificados para PR_1 e PR_2 devem ser desconsiderados nas próximas iterações da análise de matriz.

Na Figura 20, as maiores semelhanças entre pares de subprocessos identificados são representadas por linhas pontilhadas e similaridades de nível parcial são representadas por linhas tracejadas. Para o nível 0, há apenas um par de processos e, portanto, apenas uma similaridade de nível parcial (0.85). Para o nível 1, dos oito pares de subprocessos, as maiores semelhanças são para os pares (1.2; 2.2) e (1.4; 2.3); com também apenas uma similaridade de nível parcial (0.34)². Para os processos pais (1.2; 2.2), a maior similaridade é para o par (1.2.3; 2.2.2), com uma similaridade de nível parcial (0.70). Para os processos pais (1.4, 2.3), as maiores similaridades são para os pares (1.4.1; 2.3.2) e (1.4.1; 2.3.2), com o nível de similaridade parcial para este nível de (0, 40).

5.5 Iterativamente calcular a similaridade com os níveis inferiores

Para todos os pares de subprocessos SP_1 e SP_2 selecionados como os pares mais semelhantes no Nível l , de acordo com a etapa anterior, as etapas listadas entre as seções 5.1 a 5.5 devem ser executadas para o nível $l + 1$. Para cada nova iteração para o Nível $l + 1$, um determinado par de subprocessos SP_1 e SP_2 deve ser considerado como um processo de entrada de, respectivamente, M_1 e M_2 .

A similaridade estrutural multinível entre M_1 e M_2 com subprocessos é calculada usando as equações 4 e 5.

$$sim_{level_mean} = \frac{1}{sp-p} \sum_{i=1}^{sp-p} (sim_{level_partial_i}), \quad (4)$$

² Somente a partir do Nível 2, quando pares de subprocessos podem vir de diferentes pares de subprocessos pai, pode existir mais de uma similaridade de nível parcial por nível.

onde sp_p é o número de pares de subprocessos correspondentes (isto é, o número de vezes que $sim_{level_partial_i}$ foi calculada) no Nível l ; e $sim_{level_partial_i}$ é a similaridade estrutural parcial calculada para cada par de subprocessos correspondente no Nível l .

$$sim_{multi_level} = \frac{1}{\sum_{i=0}^{n-1} (n-i)^{lw}} \sum_{i=0}^{n-1} sim_{level_mean_i} \times (n-i)^{lw}, \quad (5)$$

onde $sim_{level_mean_i}$ é a similaridade estrutural média para todos os níveis i ; n é o número de níveis hierárquicos para os quais pelo menos um par de subprocesso foi correspondido por M_1 e M_2 (ou seja, o número de níveis para os quais sim_{level_mean} foi calculado); e lw é um fator livre de níveis de ponderação, usado como um parâmetro para controlar a importância de cada nível para o cálculo final da similaridade estrutural, considerando todos os níveis hierárquicos.

Concluindo o exemplo da figura 20, primeiramente a sim_{level_mean} deve ser aplicada da seguinte forma:

- 19. Nível 0: $sim_{level_mean} = 0.85/1 = 0.85$
- Nível 1: $sim_{level_mean} = 0.34/1 = 0.34$
- Nível 2: $sim_{level_mean} = (0.70 + 0.40)/2 = 0.55$

Finalmente, a similaridade estrutural multinível deve ser calculada da seguinte maneira, considerando um fator $lw = 1.5$:

$$sim_{multi_level} = \frac{(0.85 \times 3^{1.5}) + (0.34 \times 2^{1.5}) + (0.55 \times 1^{1.5})}{3^{1.5} + 2^{1.5} + 1^{1.5}} = 0.66$$

O fator $lw = 1,5$ exige que os níveis hierárquicos superiores sejam considerados proporcionalmente mais importantes do que os níveis mais baixos ao calcular a similaridade de média ponderada. Os seguintes pesos estão sendo usados: 58%, 31% e 11%, respectivamente, para Níveis 0, 1 e 2. Quanto maior o valor positivo de lw , maior a importância proporcional dos níveis hierárquicos superiores. Valores negativos para lw invertem a ordem da importância proporcional, tornando os níveis hierárquicos inferiores mais importantes. $lw = 0$ torna todos os níveis igualmente importantes; Neste caso, os três níveis pesariam igualmente 33%. A escolha de lw depende do propósito da análise de similaridade: a abstração de processos mais próximos da cadeia de valor pode ser mais importante às vezes, enquanto detalhes procedurais mais próximos do nível de implementação podem ser os mais importantes em outros casos.

6 Avaliação

Neste capítulo será explicado como foi conduzida a avaliação da extensão da KT-Sim e os resultados obtidos. Também será apresentado o protótipo da ferramenta desenvolvida para realizar os experimentos.

6.1 Protótipo da extensão da KT-Sim

Foi implementado um protótipo para testar a extensão da KT-Sim. A figura 21 apresenta a tela inicial do protótipo.

Figura 21 – Protótipo da extensão da KT-Sim.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

O protótipo foi implementado utilizando a linguagem de programação Java e tem como objetivo calcular a similaridade entre dois modelos de processo que estejam em BPMN 2.0. Os modelos que são fornecidos como entrada no protótipo devem ser criados através da ferramenta *bpmn.io*¹ e exportados em XML. A especificação da ferramenta que

¹ <http://bpmn.io/>

deve ser utilizada para gerar os modelos se dá pois o protótipo reconhece os elementos de acordo com as tags de identificação geradas pela *bpmn.io*. Diferentes ferramentas podem exportar modelos de processo com diferentes tags de identificação; por exemplo, uma atividade é identificada pela *bpmn.io* com a tag *bpmn: task* e pela ferramenta *BizAgi* com a tag *task*.

A fim de simplificar a implementação, o protótipo considera modelos de processo com até três níveis hierárquicos utilizando subprocessos, como o modelo de processo da figura 19.

Para medir a similaridade estrutural entre dois modelos de processo fornecidos pelo usuário, o protótipo segue os procedimentos listados nos capítulos 4 e 5. O fator *lw* deve ser informado pelo usuário. Como saída, o protótipo fornece o valor da similaridade entre os dois modelos de processo, incluindo a decomposição do caminho gerada para cada modelo e as assinaturas vetoriais correspondentes. Para modelos de processo com subprocessos não vazios, o protótipo também gera o valor de similaridade por nível.

6.2 Experimento

Com a finalidade de avaliar a extensão da KT-Sim, foi realizado um experimento que será detalhado nesta seção.

6.2.1 Planejamento do experimento

Para o experimento, foram gerados dez conjuntos de modelos de processo de negócio em BPMN 2.0. Cada um desses conjuntos possui um modelo de processo de referência, e a partir desse modelo foram gerados três ou quatro modelos variantes. Ao todo, foram gerados 47 modelos de processo, sendo dez modelos de referência e 37 modelos variantes. Os dez modelos de referência e as suas variações foram categorizados pelo número de elementos que possuíam, dessa maneira, 19 modelos foram categorizados como pequenos, 14 como médios e 14 como grandes. Esses modelos se encontram no apêndice A desse trabalho. A tabela 3 apresenta as informações sobre os modelos de processo de negócio gerados para o experimento.

Tabela 3 – Modelos de processo de negócio utilizados no experimento.

Nome	Tipo	Categoria	Conjunto
1	Referência	Pequeno	1
1A	Variante	Pequeno	1
1B	Variante	Pequeno	1
1C	Variante	Pequeno	1
1D	Variante	Pequeno	1
2	Referência	Pequeno	2
2A	Variante	Pequeno	2
2B	Variante	Pequeno	2
2C	Variante	Pequeno	2
3	Referência	Pequeno	3
3A	Variante	Pequeno	3
3B	Variante	Pequeno	3
3C	Variante	Pequeno	3
3D	Variante	Pequeno	3
4	Referência	Pequeno	4
4A	Variante	Pequeno	4
4B	Variante	Pequeno	4
4C	Variante	Pequeno	4
4D	Variante	Pequeno	4
5	Referência	Médio	5
5A	Variante	Médio	5
5B	Variante	Médio	5
5C	Variante	Médio	5
5D	Variante	Médio	5
6	Referência	Médio	6
6A	Variante	Médio	6
6B	Variante	Médio	6
6C	Variante	Médio	6
6D	Variante	Médio	6
7	Referência	Médio	7
7A	Variante	Médio	7
7B	Variante	Médio	7
7C	Variante	Médio	7
8	Referência	Grande	8
8A	Variante	Grande	8
8B	Variante	Grande	8
8C	Variante	Grande	8
9	Referência	Grande	9
9A	Variante	Grande	9
9B	Variante	Grande	9
9C	Variante	Grande	9
9D	Variante	Grande	9
10	Referência	Grande	10
10A	Variante	Grande	10
10B	Variante	Grande	10
10C	Variante	Grande	10
10D	Variante	Grande	10

Os modelos de processo foram gerados pela autora do presente trabalho, sendo que os modelos de referência categorizados como pequenos e médios foram baseados em modelos disponíveis na literatura (WESKE, 2012; DUMAS *et al.*, 2018). Os modelos disponíveis na literatura foram adaptados para contemplar os elementos que a extensão da KT-Sim consegue identificar. Os modelos variantes foram gerados a partir de alterações controladas dos modelos de referência. As alterações foram:

- 1A - mudança no tipo de um evento inicial e duas atividades;
- 1B - inclusão de dois eventos e uma atividade;
- 1C - inclusão de um *gateway* e dois subprocessos simples;
- 1D - mudança no tipo de três atividades;
- 2A - mudança no tipo de um *gateway* e duas atividades;
- 2B - remoção de um evento e um atividade. Inclusão de uma atividade.
- 2C - inclusão de um subprocesso expandido e duas atividades com marcador de subprocesso;
- 3A - mudança do tipo de dois eventos e uma atividade;
- 3B - remoção de três atividades;
- 3C - inclusão de um *gateway* e dois subprocessos expandidos;
- 3D - inclusão de três atividades;
- 4A - mudança no tipo de dois *gateways* e uma atividade;
- 4B - remoção de uma atividade. Inclusão de uma atividade e um evento;
- 4C - inclusão de um *gateway*, uma atividade com marcador de subprocesso e um subprocesso expandido;
- 4D - remoção de um subprocesso expandido;
- 5A - mudança no tipo de três atividades e dois eventos;
- 5B - inclusão de três eventos e remoção de 2 atividades;
- 5C - remoção de um subprocesso expandido. Inclusão de um *gateway*, três atividades com marcador de subprocessos e um subprocesso expandido.
- 5D - mudança no tipo de cinco tipos de eventos;
- 6A - mudança no tipo de dois *gateways*, duas atividades e um evento;
- 6B - inclusão de quatro atividades e um evento;
- 6C - remoção de dois subprocessos expandidos. Inclusão de um *gateway*, uma atividade com marcador de subprocesso e um subprocesso expandido;

- 6D - remoção de três eventos;
- 7A - mudança no tipo de cinco atividades;
- 7B - inclusão de três atividades e dois eventos;
- 7C - inclusão de três subprocessos expandidos, um atividade com marcador de subprocesso e um *gateway*;
- 8A - mudança no tipo de quatro atividades, um evento e três *gateways*;
- 8B - remoção de seis atividades e dois eventos;
- 8C - remoção de dois subprocessos expandidos e dois *gateways*. Inclusão de duas atividades com marcador de subprocesso e dois subprocessos expandidos;
- 9A - mudança no tipo de seis atividades, um evento e um *gateway*;
- 9B - remoção de três atividades e um evento. Inclusão de dois eventos;
- 9C - remoção de cinco subprocessos expandidos. Inclusão de duas atividades com marcador de subprocesso e um subprocesso expandido;
- 9D - mudança no tipo de sete *gateways*;
- 10A - mudança no tipo de atividades;
- 10B - remoção de duas atividades. Inclusão de quatro eventos e duas atividades;
- 10C - remoção de quatro subprocessos expandidos. Adição de três *gateways* e uma atividade com marcador de subprocesso;
- 10D - inclusão de sete *gateways*.

Após finalizar a geração dos modelos de processo, foram criadas comparações entre os modelos de cada conjunto. Para cada um dos dez conjuntos, foram criadas quatro comparações, onde o modelo de referência era comparado com os seus modelos variantes. Para os três modelos de processo (um categorizado como pequeno, um como médio e um como grande) que foram criados apenas três modelos variantes, houve a comparação do modelo de referência com ele mesmo. Dessa forma, foram geradas 40 comparações.

6.2.2 Execução do experimento

As 40 comparações geradas através da combinação de pares de modelos de processo de negócio foram executadas no protótipo da extensão da KT-Sim e também foram analisadas por usuários especialistas. O grupo de usuários especialistas foi formado por pessoas que possuem conhecimento em BPM e BPMN, e estão inseridos tanto no ambiente

acadêmico quanto em organizações. Esse grupo foi formado por 42 participantes que responderam o formulário que foi disponibilizado *online*. As figuras 22 e 23 mostram, respectivamente, a área de atuação dos usuários especialistas e o nível de conhecimento deles na notação BPMN. Quanto ao nível de conhecimento, 1 representa o menor nível e 5 representa o maior nível. Há também a opção disciplina que representa os usuários que tiveram contato com BPMN somente em disciplinas acadêmicas.

Figura 22 – Área de atuação dos usuários especialistas.

ÁREA DE ATUAÇÃO DOS USUÁRIOS ESPECIALISTAS

Academia Organizações Outro

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 23 – Conhecimento dos usuários especialistas na notação BPMN.

CONHECIMENTO NA NOTAÇÃO BPMN

1 2 3 4 5 Disciplina

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Na extensão da KT-Sim as comparações foram executadas para quatro fatores de ponderação: 2, 1, 0 e -1.5. A tabela 4 apresenta os pesos atribuídos para cada nível, tendo como base o fator de ponderação (lw).

Tabela 4 – Pesos atribuídos para cada nível.

Fator de ponderação (lw)	Pesos atribuídos		
	Nível 0	Nível 1	Nível 2
2.0	64%	29%	7%
1.0	50%	33%	17%
0.0	33%	33%	33%
-1.5	12%	23%	65%

Para que os usuários especialistas realizassem as análises de cada uma das 40 comparações, foi gerado um formulário *online*. Eles deveriam classificar, em uma escala de 1 a 7, o quanto os dois modelos de cada comparação eram similares. Cabe ressaltar, que as comparações apareciam de forma aleatória e não agrupadas pelo conjunto a que faziam parte.

6.3 Resultados

Ao executar as 40 comparações de similaridade, para cada um dos quatro fatores de ponderação, no protótipo da extensão da KT-Sim, os resultados obtidos foram utilizados para construir um *ranking* de similaridade entre os modelos de referência (nas tabelas são referenciados como M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9 e M10) e os seus modelos variantes. As tabelas 5, 6, 7 e 8 apresentam os *rankings* obtidos para cada fator de ponderação.

Tabela 5 – *Ranking* para o fator de ponderação = -1,5.

Expansão KT-Sim - Fator de ponderação = -1,5										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
1º	1B	2	3A	4B	5B	6C	7	8	9A	10A e 10B
2º	1A e 1D	2B	3D	4A	5A	6B	7A e 7B	8B	9D	10D
3º	1C	2A	3B	4C	5D	6A e 6D	7C	8A	9B	10C
4º	-	2C	3C	4D	5C	-	-	8C	9C	-

Os fatores de ponderação positivos valorizam mais o nível 0, nível 1 e nível 2 dos modelos, respectivamente. O fator de ponderação 0 valoriza os três níveis da mesma maneira. O fator de ponderação negativo valoriza mais o nível 2, nível 1 e nível 0, respectivamente.

Tabela 6 – *Ranking* para o fator de ponderação = 0.

Expansão KT-Sim - Fator de ponderação = 0										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
1º	1B	2	3A e 3D	4B	5B	6B	7	8	9A	10A e 10B
2º	1D	2B	3B	4A	5A	6A	7B	8A e 8B	9B	10D
3º	1A	2A	3C	4C	5D	6C	7A	8C	9D	10C
4º	1C	2C	-	4D	5C	6D	7C	-	9C	-

Tabela 7 – *Ranking* para o fator de ponderação = 1.

Expansão KT-Sim - Fator de ponderação = 1										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
1º	1B	2	3D	4B	5B	6B	7	8	9A e 9B	10B
2º	1D	2B	3A	4A	5A	6A	7B	8A e 8B	9D	10A
3º	1A	2A	3B	4D	5D	6C	7A	8C	9C	10D
4º	1C	2C	3C	4C	5C	6D	7C	-	-	10C

Tabela 8 – *Ranking* para o fator de ponderação = 2.

Expansão KT-Sim - Fator de ponderação = 2										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
1º	1B	2	3D	4B	5B	6B	7	8	9A e 9B	10B
2º	1A e 1D	2B	3A e 3B	4A e 4D	5A	6A	7B	8A e 8B	9D	10A
3º	1C	2A	3C	4C	5D	6C	7A	8C	9C	10D
4º	-	2C	-	-	5C	6D	7C	-	-	10C

Analisando os *rankings* gerados pode-se perceber que houveram poucas variações na colocação dos modelos. Esse fato se deve porque alguns dos modelos gerados não possuíam ou possuíam poucos subprocessos nos níveis 1 e 2. Entretanto, modelos que se aprofundaram mais nos níveis 1 e 2, como os modelos 8 e 9, se beneficiaram da variação do valor de ponderação e houve troca de colocação entre os seus modelos variantes.

Um outro *ranking* foi gerado através das respostas obtidas no formulário *online*. Esse formulário foi respondido por 42 usuários especialistas. Para gerar o *ranking* de similaridade dos usuários especialistas, foi obtida a média dos valores dados para cada comparação. A tabela 9 mostra como ficou o *ranking*.

Tabela 9 – *Ranking* da avaliação dos especialistas.

Especialistas										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
1º	1D e 1C	2	3D	4D	5C e 5D	6D	7	8	9D	10D
2º	1A e 1B	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A
3º	-	2B	3C	4B	5B	6B	7B	8B	9C	10C
4º	-	2C	3B	4C	-	6C	7C	8C	9B	10B

Ao comparar os *rankings* gerados com base nos resultados obtidos pela extensão da KT-Sim e o *ranking* gerado com os resultados da análise dos usuários especialistas notou-se que eles são altamente distintos e poucos modelos ocupam a mesma colocação nesses *rankings*. A fim de verificar o motivo dessa divergência, foi pedido para os usuários especialistas apontarem, dentre sete critérios, a ordem de prioridade de cada um deles para classificarem as diferenças entre dois modelos de processo. Os critérios apontados foram: atividade a mais/menos, evento a mais/menos, *gateway* a mais/menos, subprocesso expandido a mais/menos, tipo da atividade diferente, tipo do evento diferente e tipo de *gateway* diferente. Dos 42 usuários especialistas que realizaram a comparação dos modelos, 31 deles deram o retorno referente aos critérios usados para diferenciar dois modelos. Foi constatado que os usuários especialistas dão pesos diferentes para as alterações que ocorrem nos modelos, o que nem sempre ocorre na expansão da KT-Sim. Por exemplo, os usuários, acreditam que mudar o tipo de uma atividade tem maior peso que a alteração de um tipo de evento e para a KT-Sim essas duas alterações terão a mesma importância.

Ter gateways de tipos diferente foi apontado pelos usuários especialistas como o critério que mais difere dois modelos. Em seguida, vieram os seguintes critérios: atividade a mais/menos, tipo de atividade diferente, subprocesso expandido a mais/menos e gateway a mais/menos, tipo do evento diferente e por último evento a mais/menos. A classificação dos critérios segundo os usuários não coincide com o processo da expansão da KT-Sim para analisar as diferenças entre dois modelos. Essa diferença se dá porque na expansão da KT-Sim as alterações não recebem peso diferente. Entretanto, ter *gateways* a mais/menos e ter subprocesso expandido a mais/menos pode contribuir de maneira mais enfática para obter as diferenças entre os modelos na expansão da KT-Sim. Isso ocorre porque essas diferenças trazem alterações mais significativas no cálculo de similaridade. Por exemplo, o número de caminhos de cada modelo é levado em consideração para se obter a similaridade entre dois modelos e o número de *gateways* interfere diretamente nesse valor, pois ter um *gateway* a mais pode adicionar, no mínimo, mais dois caminhos ao modelo.

Ao fim do experimento, pode-se notar que a expansão da KT-Sim está apta a estimar o valor de similaridade entre dois modelos de processo levando em consideração os seus múltiplos níveis e possibilitando que o interessado em obter o valor de similaridade possa escolher se deseja dar mais importância para o fluxo principal do processo ou para o que se encontra dentro dos subprocessos.

6.4 Ameaças à validade

Nesta seção são apresentadas as ameaças à validade do experimento realizado neste trabalho.

6.4.1 Ameaças à validade interna

Possivelmente uma parcela dos usuários que responderam o formulário *online* não tinha conhecimento prévio em BPMN. Para tratar essa ameaça foi feita uma análise do perfil de cada um dos usuários para verificar a experiência na área.

6.4.2 Ameaças à validade externa

O número de usuários que responderam o formulário poderia abranger somente um público específico e dessa maneira os resultados estariam atrelados a somente um contexto. Para tratar essa ameaça o formulário foi divulgado e respondido por usuários que fazem parte de diferentes contextos.

6.4.3 Ameaças à validade de construção

Os modelos de processo de negócio utilizados nas comparações poderiam não abranger todos os elementos suportados pela extensão da KT-Sim e não possuir diferentes granularidades. Para tratar essa ameaça todos os modelos de processo utilizados nos testes foram analisados para verificar se todos os elementos suportados pela extensão da KT-Sim estavam sendo cobertos e conjuntos de modelos com diferentes granularidades foram criados.

7 Conclusão

Com o crescimento da área de gestão de processos de negócio, estimar a similaridade entre modelos de processos de negócio se tornou necessário e vem ganhando atenção na literatura recente. A atividade de medir a similaridade entre modelos de processos de negócios tem vários objetivos, entre eles, a verificação de conformidade entre um modelo de processo e o seu modelo de referência e a busca por modelos similares em repositórios de modelos de processos. Para medir a similaridade pode-se levar em consideração aspectos como a estrutura gráfica do modelo, a linguagem natural utilizada nos rótulos e o comportamento do modelo. Não existe uma notação padrão para se modelar os processos de negócio e por esse motivo as técnicas de similaridade existentes costumam focar em uma notação específica ou ser independente de notação e abranger somente os elementos gerais entre todas elas.

Tendo em vista esse cenário, o presente trabalho adaptou a técnica proposta por Kacimi e Tari (2014) para que a mesma suportasse estimar a similaridade entre modelos de processos de negócios que utilizam a notação BPMN. A decisão de fazer com que a abordagem se torne específica para BPMN se deve ao fato dessa notação ser amplamente utilizada nas organizações e poucas técnicas de similaridade existentes contemplarem especificamente a notação. Como a notação BPMN conta com mais de 100 elementos, abranger todos os elementos da notação na abordagem se mostrou inviável para o escopo desse trabalho. Por esse motivo, foram escolhidos 34 elementos, abrangendo eventos, atividades e *gateways*. A principal contribuição da técnica proposta é abordar modelos de processo em múltiplos níveis, através de informações de subprocesso. Isso fornece aos interessados uma visão mais detalhada e permite que eles definam quais níveis são mais importantes para a análise de similaridade.

A expansão da KT-Sim foi avaliada e os resultados obtidos por ela foram comparados com os resultados obtidos por usuários especialistas. Foi constatado que os usuários especialistas dão pesos diferentes para as diferenças entre os modelos de processo, o que a expansão da KT-Sim não faz, e isso faz com que haja divergência entre os resultados. Apesar dessas divergências, pode-se notar que a expansão da KT-Sim consegue identificar os elementos BPMN a que ela se propôs identificar e que o fator de ponderação se faz útil para diferenciar o valor de similaridade dos modelos levando em consideração os seus

múltiplos níveis. Embora nenhum estudo de eficiência tenha sido realizado até o momento, assume-se que a estrutura de dados e o tipo de operações utilizadas têm uma melhor complexidade computacional do que as técnicas mais utilizadas para esse fim, com base na distância de edição do gráfico, como argumentado na literatura.

7.1 Limitações

O presente projeto de pesquisa se limita a estimar a similaridade entre dois modelos de processos de negócio levando em consideração a similaridade de estrutura gráfica. No que se refere a abrangência dos elementos da notação BPMN a abordagem não suporta todos os elementos. Além disso, não é possível ponderar pesos diferentes para cada tipo de elemento ao realizar os cálculos de similaridade.

7.2 Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros, planeja-se avaliar o *recall* e a precisão da técnica. Além disso, planeja-se também estender ainda mais a técnica para que ela possa suportar mais elementos do BPMN 2.0, incluindo piscinas, raias e marcadores *ad hoc*, além de manipular modelos de processo com *loops*.

Referências¹

- AHN, H.; CHANG, T. Measuring similarity for manufacturing process models. In: *IFIP WG 5.7 Int. Conf. on Advances in Production Manag. Syst., Smart Manufact. for Ind. 4.0 APMS*. [S.l.]: Springer, 2018. p. 223–231. Citado 3 vezes nas páginas 28, 29 e 30.
- BAKHSHANDEH, M.; PESQUITA, C.; BORBINHA, J. An ontological matching approach for enterprise architecture model analysis. In: *19th Int. Conf. on Business Information Systems*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 315–326. Citado 3 vezes nas páginas 24, 29 e 30.
- BECKER, J.; DELFMANN, P.; DIETRICH, H.-A.; STEINHORST, M.; EGGERT, M. Business process compliance checking—applying and evaluating a generic pattern matching approach for conceptual models in the financial sector. *Information Systems Frontiers*, Springer, v. 18, n. 2, p. 359–405, 2016. Citado na página 17.
- BECKER, M.; LAUE, R. A comparative survey of business process similarity measures. *Comput. in Ind.*, v. 63, n. 2, p. 148–167, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 28.
- BEUTEL, M.; BOROZANOV, V.; GÖKAY, S.; KREMPELS, K.-H. Semi-automated business process model matching and merging considering advanced modeling constraints. In: *19th Int. Conf. on Enterprise Information Systems*. [S.l.]: SCITEPRESS, 2017. p. 324–331. Citado 4 vezes nas páginas 24, 28, 29 e 30.
- BRANCO, M. C.; TROYA, J.; CZARNECKI, K.; KÜSTER, J.; VÖLZER, H. Matching business process workflows across abstraction levels. In: *15th Int. Conf. on Model Driven Engin. Lang. and Syst.* [S.l.: s.n.], 2012. p. 626–641. Citado 3 vezes nas páginas 28, 29 e 30.
- DIJKMAN, R.; DUMAS, M.; DONGEN, B. van; KÄÄRIK, R.; MENDLING, J. Similarity of business process models: Metrics and evaluation. *Information Systems*, v. 36, n. 2, p. 498–516, 2011. Citado 5 vezes nas páginas 17, 18, 25, 29 e 30.
- DIJKMAN, R. M.; DONGEN, B. F. van; DUMAS, M.; GARCÍA-BAÑUELOS, L.; KUNZE, M.; LEOPOLD, H.; MENDLING, J.; UBA, R.; WEIDLICH, M.; WESKE, M.; YAN, Z. A short survey on process model similarity. In: *Seminal Contributions to Information Systems Engineering, 25 Years of CAiSE*. [S.l.]: Springer, 2013. p. 421–427. Citado na página 28.
- DONG, Z.; WEN, L.; HUANG, H.; WANG, J. CFS: A behavioral similarity algorithm for process models based on complete firing sequences. In: SPRINGER. *22nd Int. Conf. on Coope. Inform. Syst.* [S.l.], 2014. p. 202–219. Citado na página 25.
- DUMAS, M.; ROSA, M. L.; MENDLING, J.; REIJERS, H. A. *Fundamentals of Business Process Management*. 2. ed. [S.l.]: Springer, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 53.
- FETTKE, P.; VELLA, A.-L.; LOOS, P. From measuring the quality of labels in process models to a discourse on process model quality: A case study. In: IEEE. *System Science (HICSS), 2012 45th Hawaii Int. Conf. on*. [S.l.], 2012. p. 197–206. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 26.

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

- GACITUA-DECAR, V.; PAHL, C. Automatic business process pattern matching for enterprise services design. In: *5th 2009 World Congress on Services*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 111–118. Citado 3 vezes nas páginas 28, 29 e 30.
- Gater, A.; Grigori, D.; Haddad, M.; Bouzeghoub, M.; Kheddouci, H. A summary-based approach for enhancing process model matchmaking. In: *IEEE Int. Conf. on Service-Oriented Comp. and Appl.* [S.l.: s.n.], 2011. p. 1–8. Citado na página 17.
- GERTH, C.; LUCKEY, M.; KÜSTER, J.; ENGELS, G. Detection of semantically equivalent fragments for business process model change management. In: *7th Int. Conf. on Services Computing*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 57–64. Citado 3 vezes nas páginas 24, 29 e 30.
- HEVNER ALAN R.AND MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, Springer, v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004. Citado na página 20.
- ILAH, L.; GHANNOUCHI, S.; MARTINHO, R. BPFlextemplate: A business process template generation tool based on similarity and flexibility. *Int. J. of Inform. Syst. and Proj. Manag.*, v. 5, n. 3, p. 67–89, 2017. Citado na página 24.
- ILAH, L.; MARTINHO, R.; GHANNOUCHI, S.; DOMINGOS, D.; RIJO, R. Similarity based approach for comparing home healthcare processes models in portugal. In: *8th Conf. on ENTERprise Information Systems*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1250–1259. Citado 3 vezes nas páginas 28, 29 e 30.
- IVANOV, S.; KALENKOVA, A. A.; AALST, W. M. P. van der. BPMNDiffViz: A tool for BPMN models comparison. In: *BPM Demo Session 2015 Co-located with the 13th Int. Conf. on Business Process Management*. [S.l.: CEUR-WS.org, 2015. p. 35–39. Citado 5 vezes nas páginas 18, 24, 28, 29 e 30.
- KACIMI, F.; TARI, A. Vectorial signature for matching business process graphs. In: *2014 Int. Conf. on Advanced Networking Distributed Systems and Applications*. [S.l.: IEEE, 2014. p. 93–98. Citado 8 vezes nas páginas 17, 18, 21, 25, 26, 30, 31 e 60.
- KUNZE, M.; WESKE, M. Local behavior similarity. In: *13th Int. Work. on Bus. Proc. Model., Develop. and Supp.* [S.l.: Springer, 2012. p. 107–120. Citado na página 25.
- LI, Z.; WU, J.; PENG, S.; CHEN, P.; HE, J.; HUANG, Y.; HE, K. MFI-5 based similarity measurement of business process models. In: *4th Int. Conf. on Cloud Computing and Security*. [S.l.: Springer, 2018. p. 648–661. Citado 4 vezes nas páginas 25, 28, 29 e 30.
- MAHMOD, N. M.; CHIEW, W. Y. Structural similarity of business process variants. In: IEEE. *IEEE Conf. on Open Sys.* [S.l.], 2010. p. 17–22. Citado na página 17.
- MEDEIROS, A. K. A. D.; AALST, W. van der; WEIJTERS, A. Quantifying process equivalence based on observed behavior. *Data & Knowledge engineering*, Elsevier, v. 64, n. 1, p. 55–74, 2008. Citado na página 25.
- OMG. *Business Process Model and Notation (BPMN) – Version 2.0*. 2011. Disponível em: <<https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>>. Citado na página 21.
- PIETSCH, P.; WENZEL, S. Comparison of BPMN2 diagrams. In: SPRINGER. *4th Int. Work. on Bus. Process Modeling Notation*. [S.l.], 2012. p. 83–97. Citado 3 vezes nas páginas 28, 29 e 30.

SCHOKNECHT, A.; THALER, T.; FETTKE, P.; OBERWEIS, A.; LAUE, R. Similarity of business process models – a state-of-the-art analysis. *ACM Computing Surveys*, ACM, v. 50, n. 4, p. 52, 2017. Citado 7 vezes nas páginas 17, 18, 23, 24, 25, 28 e 29.

SEBU, M.; CIOCARLIE, H. Similarity of business process models in a modular design. In: *11th IEEE Int. Symp. on Applied Computational Intelligence and Informatics*. [S.l.]: IEEE, 2016. p. 31–36. Citado 4 vezes nas páginas 24, 28, 29 e 30.

SYUKRIILAH, N.; KUSUMO, D. S.; WIDOWATI, S. Structural similarity analysis of business process model using selective reduce based on petri net. In: *IEEE. 3rd Int. Conf. on Inf. and Comm. Techn.* [S.l.], 2015. p. 1–5. Citado na página 17.

THALER, T.; SCHOKNECHT, A.; FETTKE, P.; OBERWEIS, A.; LAUE, R. A comparative analysis of business process model similarity measures. In: *1st Int. Work. on Process Querying*. [S.l.]: Springer, 2016. p. 310–322. Citado 4 vezes nas páginas 17, 23, 24 e 25.

TKA, M.; GHANNOUCHI, S. Comparison of business process models as part of BPR projects. *Information Resources Management J.*, v. 27, n. 1, p. 53–66, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.

WANG, J.; HE, T.; WEN, L.; WU, N.; HOFSTEDE, A. H. T.; SU, J. A behavioral similarity measure between labeled Petri nets based on principal transition sequences. In: *18th Int. Conf. on Cooperative Information Systems*. [S.l.]: Springer, 2010. p. 394–401. Citado na página 17.

WEIDLICH, M.; DIJKMAN, R.; MENDLING, J. The ICoP framework: Identification of correspondences between process models. In: *22nd Int. Conf. on Advanced Inform. Syst. Engin.* [S.l.]: Springer, 2010. p. 483–498. Citado na página 17.

WEIDLICH, M.; SHEETRIT, E.; BRANCO, M.; GAL, A. Matching business process models using positional passage-based language models. In: *32th Int. Conf. on Conceptual Modeling*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 130–137. Citado 3 vezes nas páginas 24, 29 e 30.

WESKE, M. *Business process management: Concepts, languages, architectures*. [S.l.]: Springer Publishing Company, Incorporated, 2010. Citado na página 21.

WESKE, M. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*. [S.l.]: Springer, 2012. 333–371 p. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 53.

WOO, H. G. Finding reusable business process models based on structural matching. In: *11th Int. Conf. on Enterprise Information Systems*. [S.l.]: SCITEPRESS, 2009. p. 249–255. Citado 3 vezes nas páginas 28, 29 e 30.

Apêndices

Apêndice A – Modelos de processo de negócio utilizados no experimento de avaliação da expansão da KT-Sim

1

Figura 24 – Modelo 1.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 25 – Modelo 1A.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 26 – Modelo 1B.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 27 – Modelo 1C.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

¹ Os modelos se encontram em: encurtador.com.br/kHNSY

Figura 28 – Modelo 1D.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 29 – Modelo 2.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 30 – Modelo 2A.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 31 – Modelo 2B.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 32 – Modelo 2C.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 33 – Modelo 3.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 34 – Modelo 3A.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 35 – Modelo 3B.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 36 – Modelo 3C.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 37 – Modelo 3D.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 38 – Modelo 4.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 39 – Modelo 4A.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 40 – Modelo 4B.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 41 – Modelo 4C.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 42 – Modelo 4D.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 43 – Modelo 5.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 44 – Modelo 5A.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 45 – Modelo 5B.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 46 – Modelo 5C.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 47 – Modelo 5D.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 48 – Modelo 6.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 49 – Modelo 6A.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 50 – Modelo 6B.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 51 – Modelo 6C.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 52 – Modelo 6D.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 53 – Modelo 7.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 54 – Modelo 7A.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 55 – Modelo 7B.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 56 – Modelo 7C.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 57 – Modelo 8.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 58 – Modelo 8A.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 59 – Modelo 8B.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 60 – Modelo 8C.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 61 – Modelo 9.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 62 – Modelo 9A.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 63 – Modelo 9B.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 64 – Modelo 9C.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 65 – Modelo 9.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 66 – Modelo 10.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 67 – Modelo 10A.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 68 – Modelo 10B.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 69 – Modelo 10C.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Figura 70 – Modelo 10D.

Fonte: Marina Macedo Nunes, 2019

Anexos

Anexo A – Poster da notação BPMN 2.0

Traduzido por Lucinéia Heloisa Thom, Cirano Iochpe

Atividades

Tarefa

Uma Tarefa é uma unidade de trabalho, a tarefa a ser realizada. O símbolo [] em uma tarefa, indica um Subprocesso, uma atividade que pode ser decomposta em (sub-)tarefas.

Transação

Uma Transação é um conjunto de atividades, logicamente relacionadas; ela pode seguir um protocolo transacional específico.

Subprocesso de Evento

Um Subprocesso de Evento se situa no interior de outro (sub-)processo. Ele é ativado quando seu evento de início é disparado e executa até seu final ou enquanto o processo que o contém estiver ativo. Ele pode interromper o contexto do processo que o contém ou executar em paralelo a este (sem interrompê-lo), dependendo do evento de início.

Atividade de Chamada

A Atividade de Chamada é uma referência a um Subprocesso ou Tarefa definido globalmente e reutilizado no processo atual.

Marcadores de Atividade

Marcadores de atividade representam a natureza da execução, diferenciando tipos de atividades:

- Marcador de Subprocesso
- Marcador de Repetição
- Marcador de Instâncias Múltiplas em Paralelo
- Marcador de Instâncias Múltiplas em Sequência
- Marcador de Atividade Ad Hoc
- Marcador de Atividade de Compensação
- Tarefa de Envio
- Tarefa de Recebimento
- Tarefa de Usuário
- Tarefa Manual
- Tarefa de Regra de Negócio
- Tarefa de Invocação de Serviço
- Tarefa de Execução de Script

Fluxo de Sequência

define a ordem de execução das atividades.

Fluxo Padrão

é o caminho padrão a ser seguido, caso todas as outras condições retornem falso.

Fluxo Condicional

possui uma condição associada, a qual define se o caminho será seguido ou não.

Desvios

Desvio Condicional Exclusivo (OU Exclusivo)
Em um ponto de ramificação, seleciona exatamente um caminho a ser seguido. É um ponto de convergência de um braço de entrada para que seja ativado o fluxo de saída.

Desvio Condicionado por Evento
Em seus fluxos de saída só são permitidos eventos ou tarefas de recepção; ativa somente o caminho, cujo evento ou recepção ocorrer antes.

Ativação Incondicional em Paralelo

Em um ponto de ramificação, todos os fluxos de saída são ativados simultaneamente. Em um ponto de convergência de fluxos, espera que todos os caminhos de entrada completem, antes de disparar o fluxo de saída.

Ativação Inclusiva Condicional

É um ponto de ramificação, após avaliar condições, um ou mais caminhos são ativados. Em um ponto de convergência de fluxos, espera que todos os fluxos de entrada tenham completado para ativar o fluxo de saída.

Desvio Complexo

Compartimento complexo de ramificação ou convergência que não pode ser capturado por outros tipos de desvio.

Desvio Exclusivo baseado em Eventos (gerador de instâncias)

A cada ocorrência de um dos eventos subsequentes, inicia uma nova instância do processo.

Desvio Paralelo baseado em Eventos (gerador de instâncias)

Não ocorrencia de todos os eventos subsequentes, inicia uma nova instância do processo.

Conversações

Uma Comunicação define um conjunto de trocas de mensagens logicamente relacionadas. Quando marcada com o símbolo [] indica uma Sub-conversação, um elemento de conversação composto.

Um Link de Conversação conecta Comunicações e Participantes.

Um Link de Conversação Ramificado conecta Comunicações a múltiplos Participantes.

Diagrama de Conversação

Coreografias

Participante A
Tarefa de Coreografia
Participante B

Uma Tarefa de Coreografia representa uma interação coordenada entre dois Participantes.

Diagrama de Coreografia

Eventos

Evento de Início	Eventos de Alto Nível	Evento que, quando ocorre, não provoca interrupção de um Sub-Processo	Captação	Interrupção a execução da instância em uma divisão ou execução compartilhada	Evento Intermediário	Evento de Fim
Simple: Eventos sem tipo indicam mudanças de estado.	Simple: Eventos sem tipo indicam mudanças de estado.	Simple: Eventos sem tipo indicam mudanças de estado.	Simple: Eventos sem tipo indicam mudanças de estado.	Simple: Eventos sem tipo indicam mudanças de estado.	Simple: Eventos sem tipo indicam mudanças de estado.	Simple: Eventos sem tipo indicam mudanças de estado.
Mensagem: Recebimento e envio de mensagens.	Mensagem: Recebimento e envio de mensagens.	Mensagem: Recebimento e envio de mensagens.	Mensagem: Recebimento e envio de mensagens.	Mensagem: Recebimento e envio de mensagens.	Mensagem: Recebimento e envio de mensagens.	Mensagem: Recebimento e envio de mensagens.
Temporal: pontos no tempo, instante no tempo, intervalo de tempo, limite de tempo. Podem ser eventos únicos ou cíclicos.	Temporal: pontos no tempo, instante no tempo, intervalo de tempo, limite de tempo. Podem ser eventos únicos ou cíclicos.	Temporal: pontos no tempo, instante no tempo, intervalo de tempo, limite de tempo. Podem ser eventos únicos ou cíclicos.	Temporal: pontos no tempo, instante no tempo, intervalo de tempo, limite de tempo. Podem ser eventos únicos ou cíclicos.	Temporal: pontos no tempo, instante no tempo, intervalo de tempo, limite de tempo. Podem ser eventos únicos ou cíclicos.	Temporal: pontos no tempo, instante no tempo, intervalo de tempo, limite de tempo. Podem ser eventos únicos ou cíclicos.	Temporal: pontos no tempo, instante no tempo, intervalo de tempo, limite de tempo. Podem ser eventos únicos ou cíclicos.
Escalável: ativa mudança para um nível mais alto de responsabilidade.	Escalável: ativa mudança para um nível mais alto de responsabilidade.	Escalável: ativa mudança para um nível mais alto de responsabilidade.	Escalável: ativa mudança para um nível mais alto de responsabilidade.	Escalável: ativa mudança para um nível mais alto de responsabilidade.	Escalável: ativa mudança para um nível mais alto de responsabilidade.	Escalável: ativa mudança para um nível mais alto de responsabilidade.
Condicional: Reação a alterações nas condições de negócio ou a regras de negócio.	Condicional: Reação a alterações nas condições de negócio ou a regras de negócio.	Condicional: Reação a alterações nas condições de negócio ou a regras de negócio.	Condicional: Reação a alterações nas condições de negócio ou a regras de negócio.	Condicional: Reação a alterações nas condições de negócio ou a regras de negócio.	Condicional: Reação a alterações nas condições de negócio ou a regras de negócio.	Condicional: Reação a alterações nas condições de negócio ou a regras de negócio.
Conector: Conector entre páginas. Dois eventos de conexão equivalem a um fluxo de sequência.	Conector: Conector entre páginas. Dois eventos de conexão equivalem a um fluxo de sequência.	Conector: Conector entre páginas. Dois eventos de conexão equivalem a um fluxo de sequência.	Conector: Conector entre páginas. Dois eventos de conexão equivalem a um fluxo de sequência.	Conector: Conector entre páginas. Dois eventos de conexão equivalem a um fluxo de sequência.	Conector: Conector entre páginas. Dois eventos de conexão equivalem a um fluxo de sequência.	Conector: Conector entre páginas. Dois eventos de conexão equivalem a um fluxo de sequência.
Erro: Captação ou inserção de erros pré-identificados.	Erro: Captação ou inserção de erros pré-identificados.	Erro: Captação ou inserção de erros pré-identificados.	Erro: Captação ou inserção de erros pré-identificados.	Erro: Captação ou inserção de erros pré-identificados.	Erro: Captação ou inserção de erros pré-identificados.	Erro: Captação ou inserção de erros pré-identificados.
Cancelamento: reação ao cancelamento de uma transação ou a uma interrupção.	Cancelamento: reação ao cancelamento de uma transação ou a uma interrupção.	Cancelamento: reação ao cancelamento de uma transação ou a uma interrupção.	Cancelamento: reação ao cancelamento de uma transação ou a uma interrupção.	Cancelamento: reação ao cancelamento de uma transação ou a uma interrupção.	Cancelamento: reação ao cancelamento de uma transação ou a uma interrupção.	Cancelamento: reação ao cancelamento de uma transação ou a uma interrupção.
Compensação: Tratamento ou ativação de ação de compensação.	Compensação: Tratamento ou ativação de ação de compensação.	Compensação: Tratamento ou ativação de ação de compensação.	Compensação: Tratamento ou ativação de ação de compensação.	Compensação: Tratamento ou ativação de ação de compensação.	Compensação: Tratamento ou ativação de ação de compensação.	Compensação: Tratamento ou ativação de ação de compensação.
Signal: Emitem sinais entre processos. Um mesmo sinal pode ser capturado várias vezes.	Signal: Emitem sinais entre processos. Um mesmo sinal pode ser capturado várias vezes.	Signal: Emitem sinais entre processos. Um mesmo sinal pode ser capturado várias vezes.	Signal: Emitem sinais entre processos. Um mesmo sinal pode ser capturado várias vezes.	Signal: Emitem sinais entre processos. Um mesmo sinal pode ser capturado várias vezes.	Signal: Emitem sinais entre processos. Um mesmo sinal pode ser capturado várias vezes.	Signal: Emitem sinais entre processos. Um mesmo sinal pode ser capturado várias vezes.
Múltiplo: Os capturam um dentro de um conjunto de eventos, ou lançam um ou mais eventos de um conjunto de eventos.	Múltiplo: Os capturam um dentro de um conjunto de eventos, ou lançam um ou mais eventos de um conjunto de eventos.	Múltiplo: Os capturam um dentro de um conjunto de eventos, ou lançam um ou mais eventos de um conjunto de eventos.	Múltiplo: Os capturam um dentro de um conjunto de eventos, ou lançam um ou mais eventos de um conjunto de eventos.	Múltiplo: Os capturam um dentro de um conjunto de eventos, ou lançam um ou mais eventos de um conjunto de eventos.	Múltiplo: Os capturam um dentro de um conjunto de eventos, ou lançam um ou mais eventos de um conjunto de eventos.	Múltiplo: Os capturam um dentro de um conjunto de eventos, ou lançam um ou mais eventos de um conjunto de eventos.
Final: Ativação a terminação imediata de um processo.	Final: Ativação a terminação imediata de um processo.	Final: Ativação a terminação imediata de um processo.	Final: Ativação a terminação imediata de um processo.	Final: Ativação a terminação imediata de um processo.	Final: Ativação a terminação imediata de um processo.	Final: Ativação a terminação imediata de um processo.

Dados

camunda
The Business Process Company

inubit
Integrating your business and IT

SIGNAVIO
simply professional

Hasso Plattner Institut
HPI

BPM OFFENSIVE BERLIN

Divisões